

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Технология машиностроения»

М. П. Кульгейко, Н. А. Старовойтов, Д. В. Мельников

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к курсовому проектированию
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Гомель 2019

УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73
К90

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 03.12.2018 г.)*

Рецензент: доц. каф. «Металлорежущие станки и инструменты» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *З. Я. Шабакаева*

Кульгейко, М. П.
К90

Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов : учеб.-метод. пособие к курсовому проектированию по одной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» днев. формы обучения / М. П. Кульгейко, Н. А. Старовойтов, Д. В. Мельников. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 62 с. – Систем. требования: РС не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Приведены общие требования и методика выполнения всех разделов курсового проекта. Даны рекомендации по содержанию, объему и глубине проработки основных разделов.

Для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)».

УДК 621.002(075.8)
ББК 34.5я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является закрепление теоретических знаний полученных в процессе изучения дисциплин «Технология автоматизированного изготовления деталей и узлов», «Технология обработки на станках с ЧПУ», «Технология машиностроения», «Технологическая оснастка», «Проектирование механосборочных участков и цехов», «Технология пневмо и гидроприводов», «САПР технологических процессов», а также правильно их применять при решении конкретных практических задач, развить умение работать со справочной и другой специальной литературой, а также подготовить его к выполнению технологического и конструкторского разделов дипломного проекта.

Характерным признаком современного производства является частая сменяемость изделий. При этом требования к производительности в условиях мелко-, среднесерийного и серийного производства значительно возрастают. Противоречия требований мобильности и производительности находят разрешение в использовании гибких производственных модулей (ГПМ).

ГПМ – это система, состоящая из единицы технологического оборудования (обрабатывающий многооперационный центр), оснащенная устройством числового программного управления (УЧПУ) и средствами автоматизации технологического процесса (автоматическая смена инструмента и заготовок), которая автономно функционирует и ее можно встраивать в систему более высокого уровня. В модуль входит обрабатывающий центр с роботизированной или манипуляторной сменой инструмента и заготовок, имеющий возможность интеграции в погрузочно-разгрузочную и транспортно-накопительную системы.

На базе ГПМ возможно создание, быстропереналаживаемых робото-технологических комплексов (РТК) для токарной или автоматизированных технологических комплексов (АТК) для сверлильно-фрезерно-расточной обработки, гибких производственных ячеек (ГПЯ), гибких производственных островов (ГПО) и на их базе связанных гибких систем (ГПС), управляемых от одной общей ЭВМ верхнего уровня. ГПМ являются основной технологической системой, которая может работать в составе ГПС, а также автономно в составе отдельно функционирующих РТК или АТК. РТК включают в себя ГПМ и технологический робот (ТР) для загрузки и выгрузки деталей, обеспечивают полную

автоматизированную обработку группы деталей. Высокая эффективность производства достигается рациональным сочетанием оборудования и организацией транспортных операций.

Использование РТК или АТК позволяет изготавливать детали в любом порядке и варьировать их выпуск в зависимости от производственной программы и партий запуска в производство, сокращает затраты и время на подготовку производства, а также минимум пролеживания их в межоперационных заделах, что увеличивает оборачиваемость капитала, изменяет характер работы персонала, повышая удельный вес творческого, высококвалифицированного труда.

Основная задача курсового проектирования заключается в том, чтобы студенты приобрели умение самостоятельно решать комплекс задач и вопросов, связанных с автоматизацией производственных процессов, а именно:

- на основании выбранного оборудования, используя групповой метод обработки деталей, определять группы деталей, подлежащих обработке на выбранном оборудовании;

- разрабатывать групповые технологические процессы механической обработки для выбранной группы деталей, производить расчеты производительности с выбором оптимально-эффективных вариантов, производить выбор технологического оборудования для механической обработки в гибком автоматизированном производстве;

- производить расчет количества РТК, рассчитывать емкость складов для хранения заготовок, готовых деталей, оснастки и инструмента, транспортных средств и устройств доставки деталей и инструмента к местам обработки при реализации этих процессов;

- компоновать из выбранного технологического оборудования РТК при механической обработке в машиностроении.

Конечной целью курсового проектирования является спроектировать поточную линию для обработки группы деталей, состоящую из РТК или АТК в составе однотипных и разнородных единиц оборудования.

Студент выполняет работу в соответствии с заданием, выданным руководителем работы, который проводит консультации и осуществляет ее рецензирование.

2 ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Курсовое проектирование состоит из расчетно-пояснительной записки на 40-60 страницах (включая таблицы; формулы, графики) и графической части в объеме 4-5 листов формата А1.

2.2 Комплект документов на технологический процесс механической обработки, включающие в себя маршрутно-операционный технологический процесс базовой детали.

Маршрутные и операционные карты с эскизами должны содержать:

- титульный лист техпроцесса, ГОСТ 3.1105-84, форма 2.
- маршрутную карту, ГОСТ 3.1118-82, форма 1.
- операционные карты ГОСТ 3.1404-86, форма 3.
- карты эскизов ГОСТ 3.1105-84, форма 7.

2.3 Графическую часть. Примерный перечень графического материала:

- чертеж детали – 1 листа формата А4-А3;
- операционные эскизы – 2 листа формата А1;
- чертеж средств автоматизации - 1-1,5 листа формата А1;
- чертеж станочного приспособления для АТК - 1-1,5 листа формата А1;
- чертеж контрольного приспособления – 0,5-1 лист формата А1.

Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с общими требованиями к текстовым документам по ГОСТ 2.106-77.

Первым листом записки является «Содержание». На последних листах приводится перечень литературы, которая использована при выполнении курсового проекта. Этот лист оформляется в соответствии с ГОСТ 2.107.1-84. Перечень литературных источников располагают либо в алфавитном порядке, либо в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки. Приложения к расчетно-пояснительной записке располагаются после перечня литературы.

Курсовой проект по технологии автоматизированного изготовления деталей и узлов является комплексной работой студентов по разработке автоматизированных технологических процессов производства машин и их деталей, по конструированию технологической оснастки и технико-экономическому обоснованию принятых решений в условиях современного производства.

В процессе выполнения курсового проекта студенты решают следующие вопросы: проектирование технологического процесса изготовления группы деталей с использованием высокопроизводительного технологического оборудования и оснастки. Особое внимание уделяется выбору автоматизированного технологического оборудования, методам получения заготовок, базированию заготовок, оптимальному назначению режимов резания с целью обеспечения необходимого качества обрабатываемой поверхности и ее эксплуатационных характеристик оборудования, а также технико-экономическому обоснованию разрабатываемого технологического процесса.

При курсовом проектировании необходимо использовать средства компьютерной разработки конструкторской и технологической документации.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать ниже следующие разделы и соответствовать техническому заданию, которое должно быть вложено в нее после титульного листа.

Введение

Студент по своему усмотрению, по согласованию с руководителем, может выбрать один или несколько вариантов конструкторской разработки по п.п. 2.1-2.7, в том числе отличные от них

Графическая часть должна быть выполнена в соответствии с действующими стандартами ЕСКД, и оформлена в виде приложений и содержать нижеприведенные в приложении 5 чертежи и схемы.

3. Выводы и предложения.

4. Литература

5. Приложения к расчетно-пояснительной записке.

Приложение 1 - Чертеж детали.

Приложение 2 - Маршрутно-операционный технологический процесс базовой детали. Маршрутные и операционные карты с эскизами должны содержать:

- титульный лист техпроцесса;
- маршрутную карту;
- операционные карты;
- карты эскизов;
- операционную карту технического контроля.

Приложение 3 – Операционные эскизы обработки.

Приложение 4 - Чертеж общего вида средства механизации или автоматизации механической обработки со спецификацией, *одного или нескольких вариантов*, выбранных в соответствии с п.п. 2.1-2.7.

Приложение 5 – Планировку РТК или АТК. Планировку поточной линии состоящей из РТК или АТК с автоматизированным технологическим оборудованием.

Более подробное содержание разделов расчетно-пояснительной записки приведено ниже.

ВВЕДЕНИЕ

Введение обязательно должно быть увязано с темой проекта: в нем отмечаются основные цели и мероприятия, связанные с дальнейшим повышением технического уровня производства, принятые при разработке измененного варианта автоматизации технологического процесса механической обработки детали.

Изменения могут быть внесены с целью снижения материалоемкости, повышения степени механизации, роста производительности труда, уменьшения себестоимости и в случае изменения типа производства, существовавшего на предприятии, для реорганизации производства.

Во введении отражаются перспективы развития той отрасли машиностроения, для которой разрабатывается проект.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали

В этом разделе дается краткая характеристика детали и ее служебное назначение. Указываются конструктивные особенности обрабатываемых поверхностей. Затем формулируется служебное назначение детали. Приводятся основные характеристики материала детали: химический состав, механические свойства материала до и после термической обработки, если она производится [1]. Эти данные сводятся в таблицы.

Исходя из служебного назначения детали, производится анализ технических условий указанных в чертеже. Описание должно быть выполнено в соответствии с рекомендациями.

1.2 Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству.

Цель такого анализа - выявление недостатков конструк-

ции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции. При анализе вопросов технологичности конструкции целесообразно выделить вопросы технологичности деталей и технологичности изделия в целом.

Общие требования, предъявляемые к деталям изделия:

- детали должны иметь ясно выраженные базы и признаки ориентирования, позволяющие организовать их транспортирование и складирование в ориентированном виде с использованием стандартизированной оснастки;
- поверхности для базирования и захвата, должны быть однородными по форме и расположению, что необходимо для установки деталей в рабочую зону обрабатывающего оборудования без дополнительной выверки;
- конструкция деталей должна обеспечивать возможность надежного захвата, удержания и переноса ее захватными устройствами, а при выдаче их из бункерно-ориентирующих устройств они не должны взаимно сцепляться;
- для предупреждения заедания и торможения деталей в лотках их поверхность должна быть достаточно гладкой, на ней не должно быть заусенцев;
- детали, подлежащие обработке на РТК и АТК должны характеризоваться возможностью группирования по конструктивно-технологическим признакам с целью обеспечения применения групповой формы организации производственных процессов и использования однородного основного и вспомогательного оборудования;
- при корректировке конструкции детали следует стремиться к максимальной унификации ее отдельных элементарных поверхностей.

Приведенные требования технологичности конструкций деталей и изделий в условиях групповой обработки на автоматическом оборудовании носит общий характер. Более подробно эти вопросы рассматриваются в рекомендуемой литературе [2,3].

Конкретно оценку степени подготовленности изделий для автоматизированного производства необходимо производить в соответствии с «Приложением 2», а определение категории сложности по «Таблице 2», приведенные в литературе [4].

Если деталь соответствует первой или второй степени

сложности автоматизации, то она соответствует наименьшей и средней категории сложности автоматизации соответственно. Третья категория сложности требует необходимого экономического обоснование. Четвертая категория сложности целесообразна только для исключения вредных условий труда, когда невозможно выполнение операций на оборудовании с более низкой степенью автоматизации и наличия персонала.

После проведенного анализа технологичности все предложения по изменению конструкции деталей или сборочной единицы должны быть систематизированы в расчетно-пояснительной записке, некоторые предложения по согласованию с консультантом курсовой работы могут быть внесены в конструкцию детали.

1.3 Определение типа производства для группы деталей и его характеристика

Тип производства для группы деталей определяется по коэффициенту закрепления операций $K_{з.о}$, который в соответствии с ГОСТ 3.1121-84 определяется по формуле

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} O_i}{\sum_{i=1}^{n_o} P_i}, \quad (1)$$

где O_i – число различных операций за один месяц по участку, закрепленных за i -ым рабочим местом, шт.; P_i – число рабочих мест, шт.;

n_o – число операций механической обработки в технологическом процессе, шт.

Если коэффициент закрепления операции $K_{з.о} \leq 1$, то производство массовое; $1 < K_{з.о} \leq 10$, то производство крупносерийное; $10 < K_{з.о} \leq 20$, то производство среднесерийное; $20 < K_{з.о} \leq 40$, то производство мелкосерийное; в единичном производстве коэффициент закрепления операции не устанавливается.

Число операций, закрепленных за рабочим местом, выполняемых на одном станке в течение одного месяца при работе в одну смену определяется по формуле

$$O_i = \frac{K_{з.н}}{K_{з.ф_i}}, \quad (2)$$

где $K_{з.н}$ – планируемый нормативный коэффициент загрузки оборудования; для крупно-, средне- и мелкосерийного производ-

ства он соответственно равен $K_{з.н}=0,75; 0,8; 0,9$ [5; 6; 7; 8; 9];

$K_{з.ф*i*}$ – фактический расчетный коэффициент загрузки оборудования на i -ой операции.

Фактический коэффициент загрузки определяется следующим образом

$$K_{з.ф*i*} = \frac{C_{р*i*}}{C_{пр*i*}}, K_{з.ф*i*} = \frac{C_{р*i*}}{C_{пр*i*}}, K_{з.ф*i*} = \frac{C_{р*i*}}{C_{пр*i*}}, \quad (3)$$

где $C_{р*i*}$ – расчетное число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.;

$C_{пр*i*}$ – принятое число рабочих мест (число единиц технологического оборудования), шт.

Расчетное число единиц технологического оборудования, необходимого для выполнения i -ой операции определяется по формуле

$$C_{р*i*} = \frac{T_{шт-к*ii*$$

где $T_{шт-к*i*}$ – штучно-калькуляционное время выполнения i -ой операции, мин.

При групповой обработке нескольких деталей на одном рабочем месте принимается среднее значение

$$T_{ср\ шт-к\ *i*} = \frac{\sum T_{шт-к*i*}}{N_d}, \quad (5)$$

где N_d – количество наименований деталей, обрабатываемых на одном рабочем месте в соответствии с заданием;

N_M – месячная программа выпуска при работе в одну смену, шт.;

Φ_M – месячный фонд времени работы оборудования в одну смену, ч.; K_B – коэффициент выполнения норм, $K_B = 1,0 \dots 1,3$ [5;7;9];

τ – такт выпуска изделий, мин./шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_M}{N_M}. \quad (6)$$

Месячная программа выпуска и месячный фонд времени работы оборудования в одну смену могут быть определены по формулам

$$N_M = \frac{N}{12}; \quad (7)$$

$$\Phi_m = \frac{\Phi_d}{12}, \quad (8)$$

где N – годовой объем выпуска продукции, шт./год;

Φ_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Полученное значение расчетного числа станков C_{pi} округляем до ближайшего большего целого числа в сторону увеличения, получая при этом принятое число станков $C_{при}$ для данной операции.

Количество деталей в партии для одновременного запуска определяется упрощенным способом [5;7;9]

$$n_{o.z} = \frac{N \cdot a}{D_p}, \quad (9)$$

где a – периодичность запуска, $a = 2,5; 5; 11; 22$ и 66 дней [9];

D_p – число рабочих дней в году.

Размер партии должен быть скорректирован с учетом удобства планирования и организации производства. Корректировка размера партии состоит в определении расчетного числа смен на обработку всей партии детали на рабочих местах

$$c = \frac{T_{шт-к ср} \cdot n_{o.z}}{K_{з.н} \cdot \Phi_{д.с}}, \quad (10)$$

где $T_{шт-к ср}$ – среднее штучно-калькуляционное время по основным операциям механической обработки, мин.;

$\Phi_{д.с}$ – действительный фонд времени работы оборудования в одну смену, мин.

$$T_{шт-к ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n_o} T_{шт-ки}}{n_o \cdot K_B}; \quad (11)$$

$$\Phi_{д.с} = 60 \cdot \Phi_c = 60 \cdot 7,67 = 460,2 \text{ мин.},$$

где Φ_c – продолжительность смены, для расчетов можно принять $\Phi_c = 7,67$ ч.

Расчетное число смен округляется до целого числа, затем определяется число деталей в партии по формуле

$$n = \frac{\Phi_{д.с} \cdot K_{з.н} \cdot c_{пр}}{T_{шт-к ср}}. \quad (12)$$

Окончательно принимается полученное значение n и используется в дальнейших расчетах.

Рассмотрим пример определения типа производства на основании следующих исходных данных [10]:

- деталь – стакан КЗР 1524202;
- годовой объем выпуска $N=3000$ шт./год;
- режим работы производства – односменный;
- действительный фонд времени работы оборудования $\Phi_d=2028$ ч.;
- трудоемкость изготовления детали (по данным базового технологического процесса механической обработки) $T_{шт-к i}$, мин. – таблица 1.

Месячная программа выпуска при работе в одну смену

$$N_m = \frac{3000}{12} = 250 \text{ шт.}$$

Месячный фонд времени работы оборудования в одну смену

$$\Phi_m = \frac{2028}{12} = 169,0 \text{ ч.}$$

Расчетное число единиц технологического оборудования, необходимого для выполнения первой операции

$$C_{p1} = \frac{T_{шт-к1} \cdot N_m}{60 \cdot \Phi_m \cdot K_6} = \frac{4,87 \cdot 250}{60 \cdot 169,0 \cdot 1,0} = 0,120.$$

Полученное значение расчетного числа станков C_{p1} округляем до ближайшего целого числа в сторону увеличения, получая при этом принятое число станков для первой операции $C_{пр1} = 1$.

Фактический расчетный коэффициент загрузки для первой операции

$$K_{з.ф1} = \frac{0,120}{1} = 0,120.$$

Число операций, закрепленных за первым рабочим местом, выполняемых на станке в течение одного месяца при работе в одну смену

$$O_{p1} = \frac{0,8}{0,120} = 6,7 \text{ шт.}$$

Принимаем $O_1=6$ (округляется до целого числа в меньшую сторону). Аналогично определяем число операций, закрепленных за рабочими местами, по всем операциям базового технологического процесса. Данные по расчетам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Определение типа производства по базовому варианту технологического процесса механической обработки детали

Номер и наименование операции	$T_{шт-к i}$, мин.	C_{pi} , шт.	$C_{при}$, шт.	$K_{зфи}$	O_i , шт.
010 Автоматная токарная	4,87	0,120	1	0,120	6
020 Автоматная токарная	3,94	0,097	1	0,097	8
030 Горизонтально-фрезерная	2,80	0,069	1	0,069	11
050 Вертикально-сверлильная	1,90	0,047	1	0,047	17
060 Вертикально-сверлильная	1,35	0,033	1	0,033	24
070 Вертикально-сверлильная	0,80	0,020	1	0,020	40
080 Вертикально-сверлильная	0,94	0,023	1	0,023	34
090 Горизонтально-фрезерная	2,90	0,071	1	0,071	11
Итого	19,50	—	8	0,480	151

Коэффициент закрепления операций будет равен

$$K_{з.о} = \frac{151}{8} = 18,9,$$

что согласно ГОСТ 3.1121-84 соответствует среднесерийному типу производства, так как $10 < K_{з.о} < 20$.

Средний коэффициент загрузки оборудования

$$K_{з.ср} = \frac{\sum K_{зфи}}{\sum C_{при}} = \frac{0,480}{8} = 0,060.$$

Обобщение практических материалов показывает, что при $0,05 \leq K_{з.ср} \leq 0,2$ целесообразно применение группового метода обработки с более высокой степенью автоматизации технологического процесса.

После проектирования нового техпроцесса необходимо повторно определить тип производства, чтобы убедиться правильности выбора группового метода обработки с более высокой степенью автоматизации технологического процесса.

1.4 Качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали

Улучшением технологичности конструкции можно увеличить выпуск продукции при тех же средствах производства. Опыт машиностроения показывает, что путем повышения технологичности конструкции машины можно получить дополнительно сокращение ее трудоемкости на 15...25% и более, а себестоимость их изготовления на 5...10% [11]. По отдельным деталям эти показатели можно повысить еще больше. Недооценка технологичности конструкции часто приводит к необходимости корректировки, рабочих чертежей после их составления, удлинению сроков подготовки производства и дополнительным издержкам производства.

Обработку конструкции на технологичность рекомендуется проводить в следующем порядке: подобрать и проанализировать исходные материалы, требующиеся для оценки технологичности конструкции; уточнить объем выпуска; проанализировать показатели технологичности базовой конструкции; определить показатели технологичности обрабатываемой детали; провести сравнительную оценку и расчет уровня технологичности конструкции разрабатываемого изделия; разработать мероприятия по улучшению показателей технологичности.

Оценка технологичности конструкции может быть двух видов: качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная. Количественная оценка технологичности конструкции изделия выражается числовым показателем и рациональна в том случае, если эти показатели существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

1.4.1 Качественный анализ технологичности конструкции детали

При анализе конструкции следует предусматривать как можно большее количество поверхностей детали без последующей механической обработки. Обрабатываемые поверхности должны быть более простыми, т.е. представлять собой плоскости, наружные и внутренние цилиндры, конусы и винтовые поверхности, так как точность и стабильность обработки в значительной степени определяются простотой конструктивных форм.

Оценка технологичности конструкции по простановке размеров связана с анализом нанесения размеров на чертеже детали, определением размерных связей между конструкторскими, технологическими и измерительными базами и возможности их совмещения.

Особое внимание обращается на обоснованность значений допустимых предельных отклонений размеров детали. Размеры, определяющие ее нерабочие поверхности, могут иметь широкие допуски, а сами поверхности – большую шероховатость. Следует помнить, что чрезмерные требования к точности размеров и шероховатости поверхностей ведут к увеличению трудоемкости и перерасходу средств на изготовление деталей.

Технологичность заготовки характеризуется возможностью ее получения наиболее рациональным для данных производственных условий способом с максимально возможным приближением ее формы и размеров к форме и размерам готовой детали при условии обеспечения технологичности дальнейшей механической обработки заготовки. Окончательное решение о рациональности способа получения заготовки в ряде случаев можно принять лишь после расчета себестоимости деталей по сравниваемым вариантам. Качественная оценка технологичности конструкции характеризуется следующими показателями: хорошо – плохо, допустимо – недопустимо.

1.4.2 Количественный анализ технологичности конструкции

Количественная оценка технологичности конструкции детали может быть выполнена при внесении изменений в конструкцию детали. Так как, в курсовом проекте заданием оговорена конструкция конкретной детали, не предполагающей изменений в конструкции детали, то в качестве количественных показателей рассматриваются следующие [7]:

- коэффициент шероховатости поверхностей $K_{ш}$ (по ГОСТ 18831-73)

$$K_{ш} = \frac{I}{Ш_{ср}}, \quad (13)$$

где $Ш_{ср}$ – среднее значение параметра шероховатости обрабатываемых поверхностей

$$Ш_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Ш_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (14)$$

где $Ш_i$ – значение параметра Ra шероховатости i -ой обрабатываемой поверхности, мкм;

n_i – число поверхностей, имеющих шероховатость поверхности равную i -ому значению.

По коэффициенту шероховатости деталь технологична, если $K_{ш} < 0,32$.

- коэффициент точности $K_{тч}$ (по ГОСТ 18831-73)

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (15)$$

где T_{cp} – средний квалитет точности обработки

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad (16)$$

где T_i – квалитет точности i -ой поверхности;

n_i – число размеров i -го квалитета точности.

По коэффициенту точности деталь технологична, если $K_{тч} > 0,8$.

- коэффициент использования материала $K_{и.м}$

$$K_{и.м} = \frac{M_d}{H_p}, \quad (17)$$

где M_d – масса готовой детали, кг;

H_m – норма расхода материала, кг.

$$H_m = M_d + M_m, \quad (18)$$

где M_m – масса технологических отходов (литники, облой и т.п.), кг.

Деталь считается технологичной, если коэффициенты использования материала превышают:

0,85 – 0,9 – для заготовок, полученных методом поперечной прокатки

0,75 – для заготовок, полученных литьем;

0,65 – для заготовок, полученных горячей штамповкой;

0,45 – для заготовок, полученных из проката;

0,38 – для заготовок, полученных свободной ковкой.

1.5 Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки

Выбор исходной заготовки – одна из сложных задач, решаемых при разработке технологического процесса. Метод получения заготовки, ее качество и точность определяют объем механической обработки (количество рабочих ходов, операций технологического процесса).

Следует стремиться к наибольшему коэффициенту использования материала, т.е. максимально приближать форму и размеры исходной заготовки к форме и размерам готовой детали при условии наименьшей себестоимости ее изготовления. Для этого рекомендуется широко применять прогрессивные методы получения заготовок: точные методы литья и штамповки, поперечно-клиновую прокатку, методы холодного деформирования металла, а также возможность комбинирования различных процессов: литье-сварка,ковка-сварка, и т.п.

Приступая к выбору заготовки, вначале дается краткий анализ способа получения заготовки в базовом варианте. Описывается процесс получения заготовки, приводятся данные об экономичности получения ее в условиях предприятия, о себестоимости, производительности и материалоемкости. Исходя из объема выпуска деталей, ее конструктивной формы и размеров, анализа передовых методов получения заготовок и технико-экономического обоснования, следует предложить более рациональный, для принятых условий, метод получения заготовки.

При выборе заготовок возможны следующие варианты:

- способ получения заготовки не изменяется по сравнению с существующим базовым вариантом. В этом случае достаточно рассчитать себестоимость получения заготовки и сравнить ее с себестоимостью изготовления на базовом предприятии;
- способ получения заготовки изменяется, но его изменение не может существенно повлиять на технологический процесс механической обработки детали. Здесь предпочтение следует отдавать способу получения заготовки, при котором выше коэффициент использования материала и меньшая себестоимость;
- способ получения заготовки изменяется, что приводит к существенному сокращению технологического процесса механической обработки, однако, предлагаемая заготовка дороже заводской. В этом случае окончательное решение принимается после

расчета технологической себестоимости детали.

При выборе заготовок и расчете их себестоимости рекомендуется пользоваться литературой [5;7;8;9;15;16;17;18;19], при этом значения базовых стоимостей методов получения заготовок должны быть приняты на момент выполнения курсового проекта.

При загрузке-выгрузке заготовки в РТК лучше всего выбрать способ получения, обеспечивающий её профиль максимально приближенный к профилю детали с равномерным припуском, например, полученный способом поперечной клиновой прокатки или на ГКМ.

После обработки на первой операции профиль детали будет незначительно отличаться от профиля заготовки, что позволяет роботу использовать один и тот же схват и применять одни и те же ложементы на поддоне.

1.6 Анализ базового и технико-экономическое обоснование предлагаемого вариантов технологического процесса обработки детали

Представить перечень последовательности операций механической обработки детали по существующему на предприятии техпроцессу. Указать конкретные недостатки базового технологического процесса.

Выбор баз для механической обработки должен производиться с учетом достижения требуемой точности взаимного расположения поверхностей детали, по линейным и угловым размерам, обеспечения доступа инструментов к обрабатываемым поверхностям, обеспечения простоты и унификации станочных приспособлений, а так же удобства установки в них заготовки. Для этого необходимо составить подробное описание поверхностей, которые служат технологическими базами на всех операциях механической обработки.

Обосновать выбор черновых и чистовых баз. При этом необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- в качестве черновых баз на первых операциях назначают те элементы, относительно которых обрабатываются будущие чистовые базы, и используют черновые базы только один раз; к поверхностям, используемым в качестве черновых баз, предъявляют следующие требования:
- их припуски и уклоны должны быть минимальными;
- эти поверхности должны быть без следов прибылей и других

дефектов заготовки;

- они не должны являться поверхностями разъема;
- должны принадлежать матрице, а не пуансону при штамповке и форме, а не стержню при отливке;
- должны иметь наиболее высокую точность размеров и качество поверхности заготовок;
- в качестве черновых баз целесообразно использовать те поверхности заготовки, которые останутся необработанными в готовой детали;
- в качестве чистовых технологических баз следует принимать те элементы детали, которые являются базами конструкторскими и измерительными, что уменьшает погрешность базирования, т.к. выполняется принцип совмещения баз;
- строить обработку целесообразно таким образом, чтобы чистовые технологические базы были одними и теми же на протяжении всего технологического процесса, что обеспечивает выполнение принципа постоянства баз и является предпосылкой для увязки баз черновых и чистовых;
- смена чистовых баз целесообразна в том случае, если необходимо выполнить принцип совмещения баз для обеспечения нулевой погрешности базирования;

Более подробные рекомендации [5;6;7;8;9;20;21].

В соответствии с типом производства и направлениями совершенствования производства в отрасли и на базовом предприятии предложить новый технологический процесс автоматизации изготовления деталей на базе РТК или АТК. Изменения в существующем технологическом процессе должны быть подтверждены соответствующим технико-экономическим расчетом в соответствии с рекомендациями литературы [5;7;8;9].

Разработанная технология обработки детали должна быть представлена в комплекте документов (КД) [22;23].

1.7 Расчет припусков на обработку

Расчетно-аналитическим методом припуски и межоперационные размеры рассчитываются на две наиболее точные поверхности (наружную и внутреннюю) по методике, приведенной в литературе [5;7;9]. Для этих поверхностей строятся схемы расположения припусков и допусков. На все остальные обрабатываемые поверхности припуски и допуски назначаются по таблицам в соответствии с ГОСТ 26645-85 для отливок [19] и ГОСТ 7505-89

для поковок [18].

1.8 Разработка группового технологического маршрута обработки детали в автоматизированном производстве.

Для получения максимальной эффективности технологического процесса необходимо создание гибкого производства для групповой обработки деталей, в основу которого положена быстрая переналаживаемость при переходе на производство партий новых деталей, количество наименований которых должно быть максимальным в перспективе. При разработке технологических маршрутных процессов групповой обработки деталей должны соблюдаться основные принципы [25]:

- принцип завершенности (концентрации операций на одном рабочем месте);
- принцип малооперационной технологии.
- принцип «малолюдной» технологии.
- принцип «безотладочной» технологии.
- принцип активно-управляемой технологии.
- принцип оптимальности.
- принцип групповой технологии.

Принцип групповой технологии является определяющим, так как он обеспечивает гибкость (возможность быстрой переналадки на обработку новых деталей).

При подборе группы деталей, состоящей из i наименований деталей, для обработки в гибком производстве, в основу положены технические характеристики, применяемого для этого оборудования.

Исходя из принципа завершенности и малооперационной технологии для эффективной реализации проекта выбираются РТК или АТК в составе обрабатывающих многооперационных центров, (модулей) и технологических роботов (ТР), которые, обеспечивают полную обработку выбранной наиболее сложной «детали-представителя», группы (рис.1), с максимальным количеством операций и переходов, которые имеются у деталей группы. Это дает возможность правильно выбрать многооперационный центр по технической характеристике.

Для этого составляют сводную таблицу 1 операций и переходов, присутствующих у «детали-представителя».

Такой подход на начальной стадии проекта позволяет быстро укрупнено определить штучно-калькуляционное время ($T_{шк}$)

деталей группы и рассчитать необходимое количество единиц оборудования и переходов.

Эффективность поточной линии возрастает с ростом количества наименований деталей обрабатываемых на ней. В перспективе необходимо учитывать дополнительно новые операции и переходы, которые могут появиться при обработке новых деталей, например, зубошеввингование и др. В этом случае такие операции (переходы) включают в таблицу операций и переходов, и оставляют свободные производственные площади для наращивания мощностей.

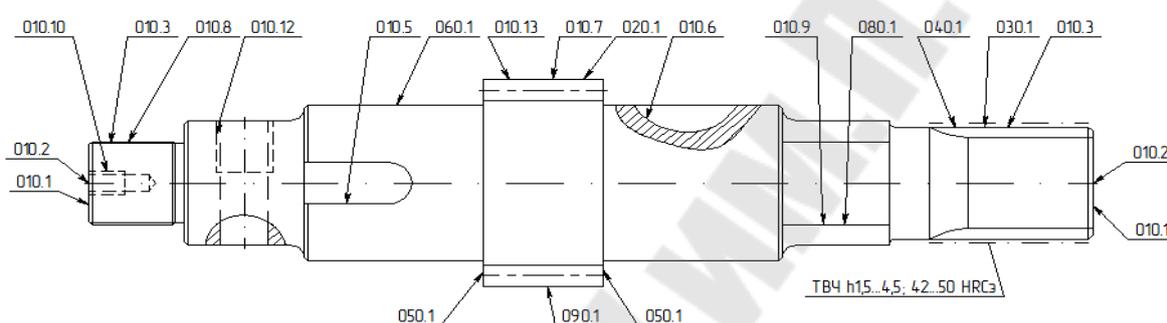


Рисунок 1 - «Деталь-представитель» при групповой технологии обработки.

Основной задачей этого этапа является составление общего плана обработки деталей, формулировка содержания операций технологического процесса и выбор типа оборудования. При проектировании технологических процессов для автоматизированного производства необходимо стремиться к достижению равной или кратной длительности в пределах одного рабочего места и уменьшению количества технологических единиц в линии за счет повышения степени концентрации технологических операций на одном рабочем месте и применения многоинструментальной обработки.

В большинстве случаев при групповой обработке вначале трудно добиться равномерной загрузки оборудования. По мере увеличения количества наименований деталей группы, за счет оптимизации длительности время обработки по отдельным операциям, этот показатель можно значительно улучшить.

Существуют математические программы оптимизации, ко-

торые позволяют из группы деталей на основании разработанных маршрутных процессов, подобрать группу деталей обеспечивающих наиболее оптимальную загрузку по отдельным операциям.

Для этого, с учетом наращивания мощностей с учетом добавления новых деталей, на планировке цеха оставляют места для монтажа «задним числом» новых обрабатывающих центров.

Особое внимание при подборе деталей группы, следует обращать на выбор установочных баз. Желательно выдерживать в максимальной степени принцип постоянства баз, и принцип совмещения конструкторских, технологических и измерительных баз. Это необходимо для того, чтобы обрабатываемые детали занимали как можно меньше различных положений в процессе перемещения от одного рабочего места к другому.

Завершается этот раздел разработкой маршрутно-операционного технологического процесса, который оформляется в виде маршрутной карты и чертежа «детали-представителя» с указанием размеров и номеров поверхностей, соответствующим номерам переходов при ее обработке. В маршрутной карте детали указываются: номер и наименование операции, номер и наименование перехода, штучно-калькуляционное время и его составляющие.

Метод групповой технологии представляет собой способ, при котором для групп деталей однородных по технологическим признакам (операциям) не обязательно конструктивно похожих, применяются технологические прогрессивные методы обработки с использованием РТК или АТК в составе: металлообрабатывающих многооперационных станков с ЧПУ (металлообрабатывающих центров) с возможностью загрузки/выгрузки заготовок/деталей в зону резания с помощью технологических роботов (ТР) или устройств смены палет, имеющих возможность быстрой переналадки на обработку новых деталей. Альтернативой ТР, могут быть пристаночные устройства-накопители для автоматической загрузки прутков зону резания через отверстие в шпинделе. Если необходима более высокая степень автоматизации, тогда могут использоваться гибкие производственные ячейки (ГПЯ), гибкие производственные острова (ГПО), гибкие производственные системы (ГПС) [2].

Такую групповую технологию обработки часто называют «гибкой», в связи с возможностью ее быстрой переналадки на обработку других деталей из группы в минимально короткое время.

Таблица 2 - Свод операций и переходов при обработке поверхностей группы деталей.

Наименование операции	Наименование перехода	Номер операции	Номер перехода	Номер детали			
				1*	2	<i>i-1</i>	<i>i</i>
010 Комплексная (токарно-сверлильно-фрезерная)	Подрезка торцев	10.1 Токарная	1	+	+	+	+
	Центрование		2	+	-	+	+
	Точение черновое и чистовое		3	+	+	+	+
	Растачивание отверстий		4	+	+	+	-
	Нарезание резьбы резцом на внутренних поверхностях		5	+	+	-	+
	Нарезание резьб резцом на наружных поверхностях		6	+	+	-	
	Точение канавок		7	+	-	+	-
	Сверление отверстий, нарезание резьбы метчиком перпендикулярно оси вращения и под углом	10.2 сверлильно-резьбонарез-	1	+	-	-	+
	Сверление отверстий, нарезание резьб метчиком параллельно оси вращения	2	+	-	+	-	
	Фрезерование сегментных шпоночных пазов	10.3 Фрезерная	1	+	-	-	+
	Фрезерование шлицев, зубьев, винтовых канавок.		2	+	+	+	-
	Фрезерование торцев, канавок, лысок, пазов в т.ч. шпоночных		3	+	-	-	+
	Зубофрезерная	Зубофрезерование черновое, чистовое	20	1	+	+	-
Термическая	Закалка ТВЧ	30	1	+	-	+	-

Шли- цеш- лифо- валь- ная 1-я	Шлифование наружной поверх- ности шлицев	40	1	+	+	-	-
Шли- цеш- лифо- валь- ная 2-я	Шлифование боковых и внут- ренних поверхностей шлицев	50	1		+	-	-
Круг- лош- лифо- валь- ная	Круглое шлифование наружных поверхностей детали	60	1	+	-	-	-
Внут- риш- лифо- валь- ная	Круглое шлифование внутрен- них поверхностей	70	1	+	-	+	-
Плос- кош- лифо- валь- ная	Плоское шлифование поверхно- стей	80	1	+	-	+	+
Зубо- шлифо- валь- ная	Зубошлифование	90	1	+	-	-	+
Прот- яжная	Протягивание внутренних от- верстий, шпоночных пазов и шлицев.	100	1	+	-	+	-
Моеч- ная	Моечная	110	1	+	-	+	+

Примечание: В таблице указывается «плюс», если данный переход присутствует и «минус», если он отсутствует. *Обозначена «комплексная деталь- представитель» группы деталей.

Она базируется на выше упомянутых основных принципах. Групповые процессы обработки с применением РТК или АТК обеспечивают минимальное время цикла обработки деталей за счет отсутствия пролёживания их в межоперационных заделах, позволяют сократить цикл изготовления изделий и увеличить оборачиваемость капитала в разы.

Основой для формирования группы деталей с применением РТК или АТК являются технологические технико-экономические показатели выбранного в их составе оборудования для реализации основных принципов групповой технологии обработки.

Технология групповая обработки является важнейшим звеном в общей цепи подготовки современного машиностроительного производства: конструирование – технология – организация – экономика и создает предпосылки для организации группового производства.

За участком закрепляют группу деталей, обрабатываемых на одном и том же оборудовании с использованием по возможности однотипных приспособлений и однотипного инструмента. Это делается для того, чтобы средний коэффициент загрузки K_z был максимальным.

1.9 Выбор технологического оборудования.

При выборе технологического оборудования при групповом методе обработки руководствуются следующими принципами:

- максимальной концентрацией операций на одном рабочем месте, необходимых для обработки всех деталей группы.
- необходимо стремиться к максимальной законченности техпроцесса обработки, используя максимально технологические возможности выбранного оборудования;
- использовать станки с ЧПУ для всех операций поточной линии, имеющие возможность работать в составе РТК.

При формировании групп деталей рекомендуется выбирать станки из технологического ряда заводов изготовителей, исходя из технико-экономических соображений и их технологической возможности, выполнения всех операций группы, принимая при этом во внимание:

- габариты и вид (тела вращения, корпусные) обрабатываемых деталей группы.
- обеспечение предъявленных к деталям технических требований по точности;
- обеспечение планируемой максимальной производительности;
- возможность работы в составе РТК;
- экологические и санитарно-технические нормы безопасности.

Исходя из поставленной цели, сегодня этим требованиям максимально соответствуют РТК или АТК в составе: металлообрабатывающих многооперационных станков с ЧПУ для тел вра-

щения с противощинделем и корпусных деталей с возможностью загрузки/выгрузки заготовок (деталей) в зону резания с помощью устройств смены палет или с помощью технологических роботов (ТР), имеющих возможность быстрой переналадки на обработку новых деталей.

При получении задания на проектирование технико-экономические характеристики металлообрабатывающих многооперационных станков с ЧПУ и технологических роботов можно получить у руководителя проекта или найти в электронной библиотеке университета.

При разработке технологического маршрута обработки и его технико-экономическом обосновании производится выбор конкретной модели станка, с указанием его технической характеристики.

После этого определяются коэффициенты загрузки станков и их количества, строятся диаграмма загрузки технологического оборудования, использования оборудования по штучно-калькуляционному времени.

При выборе станочного оборудования в работе должны быть приведены их технические характеристики и рисунки общего вида.

1.10 Нормирование технологического процесса, расчет загрузки оборудования и его количества

Разработку и нормирование технологического процесса необходимо производить в соответствии с рекомендациями изложенными в настоящем пособии и методическом пособии [10].

Разработку технологических процессов необходимо выполнять автоматизированным способом с применением персонального компьютера.

Необходимо помнить, что разработка технологических процессов для станков с ЧПУ имеет некоторые свои специфические особенности.

В соответствии с форматом программирования числа оборотов «S» и подачи «F» можно принимать любые целые числа равные расчетным или табличные с двумя знаками после запятой.

Расчет вспомогательного время можно производить, используя из технической характеристики станка время «от стружки до стружки» умноженное число смен инструментов при обработке.

При расчете вспомогательного времени в токарных станках с противощпинделем, необходимо учитывать вспомогательное время перехватов детали с одного шпинделя в другой. При работе в составе РТК необходимо также учитывать вспомогательное время загрузки-выгрузки детали технологического робота (ТР).

При нормировании технологического процесса необходимо стремиться к тому, чтобы длительность цикла обработки на рабочих местах была приблизительно одинаковой или кратной целому числу.

Нормирование технологического процесса как раз и позволяет определить выполняется ли это условие. В случае не выполнения этого условия, необходимо подбирать дополнительно детали для дополнительной загрузки оборудования на операциях не загруженных.

Технические нормы времени в условиях мелкосерийного, серийного и крупносерийного производства для обработки деталей групп устанавливаются укрупнено в соответствии с литературой [1;25;26;27;28;29] выбирается по техпроцессу.

Если (T_{onij}) меньше ресурса стойкости инструмента, и если позволяет емкость инструментальной головки, то необходимо предусмотреть установку инструментов-дублеров.

В общем случае в гибком автоматизированном производстве штучно- калькуляционное время $T_{шкij}$ детали i - того наименования j - той операции определяется по формуле:

$$T_{шкij} = T_{нзij} \cdot n_{ij} + T_{штij} = T_{нзij} \cdot n_{ij} + T_{оij} + T_{вij} + T_{обij} + T_{отij} + T_{загij} + T_{выгij}, \quad (19)$$

где $T_{шт}$ - штучное время, мин.

$T_{нз}$ - подготовительно-заключительное время детали i - того наименования на j - той операции, мин;

n - количество деталей в партии детали i -того наименования на j операции, шт.

T_o - основное время, мин. обработки детали i -того наименования на j -той операции;

T_v - вспомогательное время мин. обработки детали i -того наименования на j операции на многооперационных станках с ЧПУ, мин.;

$T_{об}$ - время, мин. на обслуживание рабочего места при обработке детали i -того наименования на j -той операции;

$T_{от}$ - время мин. перерывов на отдых и личные надобности при обработке детали i -того наименования на j -той операции;

$T_{\text{заг}}$ - время мин. загрузки (заготовки) детали i -того наименования на j -той операции роботом (трансманипулятором);

$T_{\text{выг}}$ - время мин. выгрузки детали i -того наименования на j -той операции роботом (трансманипулятором);

При этом нормируют нижеследующие работы:

1. $T_{\text{пз}}$ - подготовительно-заключительное время детали, в которое входит:

1.1 Замена блоков инструментальных с инструментами в токарных многооперационных станках. На снятие и замену одного блока необходимо время $T_{\text{зи}}$ равное $3 \square 4$ мин. если блоки крепятся 4-мя болтами. При цанговом зажиме блоков, время смены сокращается до 0,5 мин. Количество используемых блоков выбирается по техпроцессу. Если ($T_{\text{шт}} * n_{ij}$) меньше ресурса стойкости инструмента, и если позволяет емкость инструментальной головки, то необходимо предусмотреть установку инструментов-дублеров.

1.2 Привязка инструмента к системе координат детали. Производится вручную или с помощью датчика касания при условии, что инструменты были настроены предварительно вне станка на приборе для наладки инструмента и все необходимые данные были загружены в устройство ЧПУ. На привязку одного инструмента вручную приблизительно необходимо от $0,3 \square 0,5$ мин. в зависимости от скорости быстрых ходов станка. Если инструменты были настроены предварительно вне станка на приборе, то этого время достаточно для привязки всех инструментов.

1.3 Прогон управляющей программы на мониторе ЧПУ без движения по осям в покадровом режиме с целью выявления грубых ошибок. В зависимости от сложности детали необходимо $5 \square 6$ мин;

1.4 Прогон управляющей программы на холостом ходу с ускоренным движением по осям со сменой инструмента. Это время приблизительно равно 20-30% от $T_{\text{шт}}$, мин;

1.5 Обработка первой пробной детали из партии в покадровом режиме с контролем процесса обработки, контроля размеров и подналадкой. Для этого необходимо дополнительное время равное $(2-3) \cdot T_{\text{шт}}$;

2 Количество деталей n в партии определяется при годовом оперативном планировании на предприятии. В партию деталей

включается дополнительно одна пробная заготовка для отладки техпроцесса обработки партии деталей. Основными критериями количества выбора деталей в партии, является цикличность выпуска готовых изделий при сборке и эффективность производства. В гибком производстве количество деталей в партии и количество партий деталей на протяжении годового периода изготовления может быть разной, в связи с тем, что одновременно на протяжении года могут выпускаться различные изделия с различной месячной производственной программой;

3 T_0 - основное время, мин. обработки детали i - того наименования на j -той операции. Рассчитывается по литературе [4;5;7;9];

4 T_v - вспомогательное время мин. обработки детали i того наименования на j операции на *многооперационных* станках с ЧПУ, мин,

$$T_{vij} = T_{сс} \cdot N_{см} , \quad (20)$$

где $T_{сс}$ время мин. смены инструмента от «стружки до стружки», мин., имеется в технической характеристике большинства станков;

$N_{см}$ - число смен инструмента при выполнении операции. Для станков, где нет данных - по литературе [27];

5 $T_{об}$ и $T_{от}$ - время, мин. на обслуживание рабочего места при обработке детали i - того наименования на j - той операции, рассчитывается по литературе [27] и выбирается в % от оперативного времени ($T_{оij} + T_{vij}$);

6 $T_{заг}$ и $T_{выг}$ – равно соответственно промежутку времени от открытия двери ограждения для загрузки-выгрузки детали (заготовки) и до закрытия двери после вывода захвата робота (трансманипулятора) из зоны обработки

$T_{заг}$ - время мин. загрузки (заготовки) детали i - того наименования на j - той операции роботом (трансманипулятором), рассчитывается по циклограмме работы робота, исходя из его технической характеристики;

$T_{выг}$ - время мин. выгрузки детали i - того наименования на j -той операции технологическим роботом (трансманипулятором), рассчитывается по циклограмме работы робота исходя из его технической характеристики.

При обработке на многооперационных сверлильно-фрезерно-расточных станках время ($T_{заг}+T_{выг}$) равно времени сме-

ны палет, которое приведено в технической характеристике станка.

Производственная годовая программы выпуска детали i - того наименования, задается в техническом задании на проектирование и равна:

$$P_{ri} = n_i m_i \quad (21)$$

где m - количество партий запуска в год деталей, i - того наименования, задается в техническом задании на проектирование.

Время цикла $T_{ци}$ обработки i -того наименования равно

$$T_{ци} = \sum_{i=1}^j T_{умi} \quad (22)$$

Годовое операционное время $T_{го}$ час. необходимое для изготовления группы деталей из i наименований на j - той операции будет равно

$$T_{гоi} = [\sum_{i=1}^i (\tau_i n_i m_i + \tau_i (n_{pi} - 1) m_i)] / 60 \quad (23)$$

где τ такт обработки детали, мин., который определяет производительность на операции, будет равен

$$\tau = T_{умij} / N_{oj} \quad (24)$$

N_{oj} - число единиц оборудования при обработке на j - той операции.

n_{pi} - количество деталей на поддоне i - того наименования на j - той операции.

Максимальный такт обработки детали на одной из операций, который определяет производительность поточной линии, будет равен, мин.:

$$\tau_{max} = T_{умij max} / N_{oj} \quad (25)$$

где $T_{умij max}$ - максимальное штучно-калькуляционное время мин. обработки детали i - того наименования на j - той операций;

τ_{max} - максимальный такт обработки детали, i - того наименования на j - той операции.

Годовой эффективный фонд рабочего времени Φ_r РТК равен

$$\Phi_r = \Phi_{гсм} K_{см} K_з \quad (26)$$

где $\Phi_{гсм}$ - годовой фонд рабочего времени при работе в одну смену, может приниматься в среднем равным 2040 часов;

$K_{см}$ - количество рабочих смен, устанавливается в соответствии с техническим заданием на проектирование;

$K_з$ - плановый коэффициент загрузки оборудования ГПО, принимается равным 0,90-0,95.

Годовая станкоёмкость оборудования на операции, будет равна

$$Q_{zo} = \Phi_z N_{oj}, \quad (27)$$

где Q_{zo} -, часовая станкоёмкость единицы задействованного оборудования.

Для выполнения годовой производственной программы группы деталей, для каждой операции должно выполняться условие

$$Q_{zo} \geq T_{en} \quad (28)$$

Годовое часовое время на одной из операций, час, необходимое для изготовления годовой программы из группы деталей, будет определяться по формуле (23).

Годовое время $T_{гг}$, час, необходимое для изготовления группы деталей необходимо рассчитывать по формуле (5), исходя из условия, что станки в поточной линии будут работать синхронно, принимая для каждой детали $T_{инкi} = \tau_{max}$ на одной из операций.

Чтобы производственная годовая программа была выполнена, необходимо, чтобы для каждой из операций, было выполнено условие

$$T_{zo} \geq \Phi_z \quad (29)$$

Действительный годовой коэффициент загрузки при обработке группы детали на одной отдельной операции будет равен

$$K_{zo} = \frac{T_{zz}}{\Phi_z} \quad (30)$$

Действительный годовой коэффициент загрузки при обработке группы деталей на поточной линии будет равен

$$K_{zn} = \frac{T_{zz}}{\Phi_z} \quad (31)$$

Если коэффициент загрузки K_{zo} отдельной операции или поточной линии больше **единицы**, то необходимо на наиболее загруженной операции увеличить число единиц N_o оборудования до двух, если более **двух** – до трех и т.д.

После расчета всех параметров, необходимо составить диаграмму длительности производственного цикла группы деталей и степени загрузки поточной линии. Диаграмма представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Нормирование технологического процесса «детали представителя»

№ опер	Наименование операций	$T_{шк}$	$T_{пз}$	T_o	T_v	$T_{от}$	$T_{об}$	$T_{заг}$	$T_{вы}$
10	Токарная комплексная								
20	Зубофрезерная								
30	Термическая								
40	Шлицешлифовальная 1-я								
50	Шлицешлифовальная 2-я								
60	Круглошлифовальная								
70	Внутришлифовальная								
80	Плоскошлифовальная								
90	Зубошлифовальная								
100	Протяжная								
110	Моечная								
Итого									

После расчета $T_{шт}$ и $T_{пз}$ необходимо рассчитать $T_{шк}$ и все данные из задания и таблицы 2 внести в сводную таблицу 3 параметров группы деталей, обрабатываемых на поточной линии.

Таблицу 3 лучше выполнить в редакторе Excel. Это позволит быстро производить вычисления при расчете такта обработки деталей путем изменения количества единиц оборудования на операциях. Остальные данные для других деталей группы, необходимые для расчетов, указываются в «Приложении 5.1» к настоящей методике и техническом задании на проектирование. **При этом, условно считается, что деталь взятая из «Приложения 5.1» имеет те же операции, что и деталь №1, т.е. «лишние» операции деталей №№ 2 – 4 из «Приложения 5.1» в расчетах не учитываются.**

Для упрощения сводной таблицы можно указывать только операции и переходы, присутствующие у «детали-представителя» и добавлять дополнительные, если они отсутствуют.

Сводные параметры группы деталей

Деталь		Номер операции j и ее наименование											
№ детали	Параметры	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	Тц д
		То-карная комплектная	Зубофрезерная	Термическая ТВЧ	Шлицевальная 1-я	Шлицевальная 2-я	Круглошлифовальная	Внутришлифовальная	Плоскошлифовальная	Зубошлифовальная	Протяжная	Моночная	
1*	Тшк												
	τ												
	Тпз												
	No												
	Тшт												
	n												
2	m												
	Тшк												
	τ												
	No												
	n												
	m												
3	Тшк												
	τ												
	No												
	n												
	m												
4	Тшк												
	τ												
	No												
	n												
	m												

Примечание: Для детали обозначенной звездочкой *) параметры рассчитаются студентом самостоятельно.

1.11 Составление циклограммы работы ТР при загрузке-выгрузке детали на одном рабочем месте.

Составление циклограммы работы ТР при загрузке-выгрузке детали на одном из станков или с автоматизированного склада заготовок и готовых деталей производится по настоящей методике и по литературе [3]. Составление циклограммы работы крана штабелера производится по настоящей методике, исходя

Составление циклограммы начинается из определения исходного положения оборудования и его механизмов.

Исходное положение станка: деталь в патроне станка зажата деталь, ограждение закрыто, шпиндель вращается, деталь обрабатывается.

Технологический робот (ТР) с двойным схватом: во время обработки детали захватил с поддона заготовку, переместил ее в устройство точной ориентации (УТО), повторно захватил с УТО и переместил деталь в позицию ожидания. Схват робота зажал заготовку, ось заготовки в схвате параллельна оси шпинделя.

Эти движения робота происходят параллельно процессу резания и время перемещения не учитываются в вспомогательном времени. Дальнейшие движения механизмов станка и робота происходят в соответствии с циклограммой (таблица 4). Время перемещения в циклограмме приведено приблизительно и должно рассчитываться и уточняться исходя из технических характеристик ТР в конкретном случае.

1.12 Составление диаграммы загрузки РТК поточной линии.

После расчета всех параметров, необходимо составить диаграмму длительности цикла производства группы деталей и степени загрузки поточной линии. В таблице 4 приведен пример составления диаграммы группы состоящей из 4-х деталей ($i=4$), изготавливаемой партиями по n деталей при обработке, при условии, что запуск партий деталей производится ежемесячно ($m=12$), и дополнительно по операциям для группы деталей.

Ниже приведен пример заполнения диаграммы поточной линии, где приведена загрузка по операциям на одном рабочем месте и всей линии в целом. Расчеты производятся в соответствии с настоящей методикой, раздел 1.10. При расчете Фг принят коэффициент загрузки равный 0,9.

Таблица 5 - Диаграмма загрузки поточной линии.

№ операции, j	Параметры	Длительность годового цикла изготовления группы деталей.				
		Деталь 1	Деталь 2	Деталь 3	Деталь 4	Итого
$J_{гп}$	Фг, час					3670
	Тгп, час	771	1064	844	624	3303
	Кзп	0,21	0,29	0,23	0,17	0,90
$J=10$	Фг, час					3670
	Тго, час	807	661	918	550	2936
	Кзо	0,22	0,18	0,25	0,15	0,80
$j 20$	Фг, час					3670
	Тго, час	697	771	477	624	2569
	Кзо	0,19	0,21	0,13	0,17	0,70
$j...$	Фг, час					3670
	Тго, час	551	551	734	366	2202
	Кзо	0,15	0,15	0,20	0,10	0,60

1.13 Определение типа производства нового варианта техпроцесса и его характеристика.

Для определения типа производства нового варианта техпроцесса используется методика, изложенная в п.1.2 настоящего методического пособия. Отличительной особенностью является то, что коэффициент загрузки по каждой операции принимается средний коэффициент для группы деталей $K_{зос}$. В общем виде он будет равен

$$K_{зос} = \sum_1^i K_{зо}/i \quad (32)$$

где i – количество наименований деталей, обрабатываемых на поточной линии.

Все данные для расчета $K_{зос}$ можно взять из диаграмм таблиц 3 и 5.

Таблица 6 - Определение типа производства по новому варианту технологического процесса механической обработки детали

Номер и наименование операции	N_{oj}	$K_{зос}$	i	O_i , шт
10 Токарная с ЧПУ, комплексная	1	0,2	4	5
20 ТВЧ	1	0,05	4	20
30 Круглошлифовальная	1	0,25	4	4
40 Шлицешлифовальная	1	0,4	4	2
50 Моечная	1	0,1	4	10
Итого	5			41

Коэффициент закрепления операций будет равен: $K_{з.о}=41/5=8,2$, что соответствует в нашем примере крупносерийному производству и означает, что проект автоматизированной поточной линии оправдан.

1.14 Выбор систем складирования, доставки заготовок, деталей, инструмента к местам обработки и на склад.

Автоматизированная транспортно-складская система (АТСС), является важным элементом поточной линии, выполняющим роль основного организующего и связующего звена. АТСС - это система взаимосвязанных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки заготовок, готовых деталей, технологической оснастки и инструмента. АТСС в значительной степени определяет компоновку, функциональные возможности и стоимость линий, а также надежность ее работы.

Направление, взаимосвязь и мощность грузопотоков на участке определяют выбор транспортных средств. На основе последовательного уточнения технологических требований к грузопотокам с учетом технологического процесса формируется и схема транспортных связей совместно со схемой компоновки технологического оборудования. Транспортные связи компонуются чаще всего по двум схемам: линейной или замкнутой.

При выборе и обосновании АТСС предварительно необходимо решить вопрос о способе транспортирования изделий - поштучно либо на поддонах (кассетах). Выбор способа транспортирования зависит от такта обработки детали и ее конструктивных параметров: «корпусная» или типа «тела вращения», а также устройств загрузки в рабочую зону модуля и выгрузки из нее.

В качестве средств доставки предметов обработки к пристаночным накопителям в АТСС могут быть электропогрузчики или кран-балки. Для перегрузки заготовок в рабочую зону станка - напольные стационарные и подвижные технологические технологические роботы (ТР), подвесные монорельсовые и порталные ПР.

Компоновочные решения АТСС, во многом определяющие планировку и компоновку участка, в значительной степени зависят от типа транспортных устройств для перемещения грузовых единиц и наличия необходимых производственных площадей.

В основном для деталей типа «тел вращения» в поточных

линиях применяют транспортирование со склада к пристаночным накопителям РТК на поддонах с помощью электропогрузчиков, а перегрузку в зону обработки с помощью напольных стационарных или подвижных ТР. Применяются поддоны со стандартной величиной равной ширина \times длину: 400х600, 600х800 и 800х1200мм. При длительном такте обработки детали, целесообразно применять порталные или монорельсовые подвижные ТР для группового обслуживания нескольких РТК при загрузке деталей в зону обработки однотипных модулей. Укладку заготовок типа «тел вращения» на поддоны перед загрузкой на склад производят вручную.

Для транспортирования корпусных деталей к пристаночным накопителям сверлильно-фрезерно-расточных модулей производится на сменных столах-спутниках с помощью электропогрузчиков или кран-балок, а перегрузку в зону обработки с помощью устройства смены столов, которое встроено в модуль.

Транспортирование инструмента и оснастки с инструментального склада, может производиться с помощью электропогрузчиков на поддонах или вручную на тележках. Замену инструментальных блоков в токарных модулях при обработке новой партии деталей производится вручную или с помощью трансманипуляторов встроенных в станок.

На рисунках 7 приведена в качестве примера наиболее часто используемые компоновки поточной линии в составе РТК для деталей типа «тел вращения», где преобладает токарная обработка и корпусных деталей соответственно. Основными критериями при принятии решений при компоновке поточной линии является их эффективность. Необходимо размещать все компоненты АТСС на минимально допустимом расстоянии друг от друга, сокращая тем самым расстояния перемещения транспортных средств от склада к РТК.

При коротких тактах обработки детали, необходимо иметь пристаночные накопители для поддонов или столов-спутников.

Расчет необходимого количества единиц поддонов, максимальной их грузоподъемности, необходимого числа секций, общей площади механизированного склада, средняя длительность цикла перемещения краном-штабелером поддона на станцию загрузки-выгрузки поддонов транспортными тележками, можно производить по настоящей методике и по литературе [29;30].

Склад для хранения инструмента и спецодежды может быть совмещенным со складом заготовок и готовых изделий или быть отдельным при большом количестве наименований деталей, обрабатываемых на поточной линии.

Средняя скорость перемещения крана-штабелера в горизонтальном направлении равна около 75 м/мин, в вертикальном - 120÷150 м/мин. Склады могут размещаться в любом месте поточной линии. Основным критерием для размещения складов, служат соображения, направленные на сокращение расстояний транспортирования поддонов, т.е. времени транспортирования. Расчет габаритов и емкости складов можно производить по литературе [29;30].

На рисунке 8 приведена в качестве примера наиболее часто используемые компоновки поточной линии для корпусных деталей, где преобладает сверлильно-фрезерно-расточная обработка. Здесь заготовки транспортируются к пристаночным накопителям с помощью электропогрузчиков или кран-балок. Габариты деталей не превышают, как правило, 1250 мм и закрепляются в приспособлениях вручную. При коротких циклах обработки и больших усилиях зажима, зажим может быть автоматизирован.

В связи с этим необходимо стремиться располагать места загрузки заготовок как можно ближе к станкам, выполняющим первую операцию и выбирать транспорт исходя из условия.

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

Общие требования

Чертежи разработанных конструкций должны иметь не менее двух проекций, каждая деталь, входящая в нее, так же должна быть видна в двух проекциях, за исключением деталей тел вращения, которые достаточно показать в одной проекции. Если двух проекций общего вида недостаточно, чтобы выполнить эту задачу, следует дать третью проекцию. Если же и третья проекция не показывает всех деталей, то даются дополнительные сечения и разрезы.

На законченном чертеже должны быть даны основные принципиальные размеры, являющиеся исходными при его сборке, проверке и приемке. Во всех чертежах должны быть показаны размеры, определяющие размеры установочных элементов.

Пояснительная записка должна содержать описание конструкции механизмов и порядок их работы, например, как устанавливается и базируется деталь при обработке или транспортировании, как производится, например, установка и крепление ее в приспособлении и извлечение из приспособления. Необходимо иметь в виду, что приспособления, должны иметь автоматизированный зажим.

2.1 Разработка чертежа конструкции схвата робота и расчет усилия его зажима для одной из операций.

Расчет усилия зажима захвата робота, разработка его конструкции и спецификации производится для одной из операций, где деталь претерпевает максимальное изменение своей формы после обработки в соответствии с практическим пособием [31].

2.2. Разработка чертежа конструкции тележки для базирования поддона и чертежа конструкции поддона для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет поддона на точность базирования.

При разработке конструкции тележки и её спецификации, поддона и его спецификации необходимо разработать их конструкцию, произвести расчет её на грузоподъемность и точность базирования поддона на базовых пальцах тележки. Расчет приспособления на точность, расчет усилия зажима, рекомендуется производить по настоящей методике и литературе [32].

Технические требования, предъявляемые к тележке:

- грузоподъемность должна соответствовать максимальной загрузка сомой тяжелой детали из группы;
- должна иметь механизм фиксации колес;
- на горизонтальной поверхности для базирования поддонов должны быть два базовых пальца;
- горизонтальная поверхности для базирования поддонов должна быть параллельна плоскости пола не более 0,2-0,5мм.

Технические требования, предъявляемые к поддонам:

- поддоны должны быть выполнены из профильной прямоугольной трубы, высокой жесткости, не допускающей деформаций во время транспортирования;
- должна иметь цапфы или отверстия для захвата 4-х стропными приспособлениями для перемещения с помощью кран-балки;
- должны иметь втулки для базирования на тележке;
- в конструкции палет должна быть предусмотрена возможность

их пакетирования и перемещения пакетов с помощью электропогрузчика или кран-балки;

- должен иметь призматические ложементы, соответствующие по диаметру для укладки заготовок и деталей типа тел вращения.

- должен иметь торцовые ограничители для базирования заготовок вдоль оси вращения.

На рисунке 1 приведен общий вид тележки, на рисунке 2 – общий вид поддона.



Рисунок 1 - Тележка для базирования поддонов.

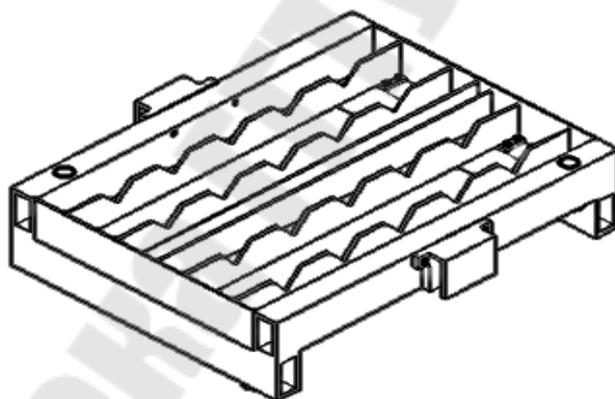


Рисунок 2 - Поддон для укладки заготовок и готовых деталей

2.3. Разработка для РТК чертежа наладки при обработке на одной из операций одним или несколькими инструментами.

При недостаточном объеме конструкторской документации возможна разработка чертежа наладки в 2D или 3D формате при обработке на одной из операций одним или несколькими инструментами. Как правило, при этом на чертеже показывается рабочие инструменты в конечном положении относительно обработанных поверхностей и резцовые суппорты с инструментами.

2.4. Разработка для РТК или АТК чертежа конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций.

2.4.1. Назначение и описание конструкции приспособления

С помощью приспособлений при механической обработке деталей решаются следующие основные типовые задачи:

- базирование и закрепление заготовки;
- координирование инструмента;
- изменение положения заготовки относительно оборудования;

В этом разделе приводится описание конструкции приспособления, его состав, сборочные единицы, их назначение и при описании конструкции приспособления рекомендуется воспользоваться справочниками, альбомами и другой литературой [10,12;13;32].

2.4.2 Расчет приспособления на точность

От точности изготовления приспособления и установки его на станке, износостойкости и жесткости установочных элементов в значительной мере зависит точность обработки заготовок.

Цель расчета на точность заключается в определении требуемой точности изготовления приспособления по выбранному точностному параметру и задании допусков размеров деталей и элементов приспособления. Расчет, как правило, должен состоять из следующих этапов:

- выбор одного или нескольких точностных параметров приспособления, которые оказывает влияние на положение и точность обработки заготовки;
- определение величины погрешностей, определяющих точность обработки детали на данной операции;
- определение требуемой точности изготовления приспособления по выбранным параметрам;
- распределение допусков изготовления приспособления на допуски размеров деталей, являющихся звеньями конструкторских размерных цепей приспособления;
- внесение в технические условия сборного чертежа требований об обеспечении точности приспособления.

В курсовом проекте рекомендуется вести расчет приспособления на точность как проектный. На точность обработки влияет ряд факторов, вызывающих общую погрешность обработки, которая не должна превышать допуск выполняемого размера при

обработке заготовки. В связи со сложностью нахождения значений ряда величин погрешность изготовления $\varepsilon_{\text{пр}}$ приспособления можно рассчитать по упрощенной формуле, описанной в литературе [10,14;32;33;34]

2.4.3 Расчет необходимого усилия зажима

Расчет сил зажима сводится к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил. Обрабатываемая заготовка находится с одной стороны – под действием силы тяжести и сил, возникающих в процессе обработки; с другой стороны – под действием сил зажима и реакций опор.

Величина сил зажима определяется из условия равновесия всех сил, при полном сохранении контакта технологических баз обрабатываемой заготовки с установочными элементами приспособления и невозможности ее сдвига или поворота в процессе обработки. При составлении расчетных схем приспособлений рекомендуется следующая литература [10,13;14;32;35].

При расчете приводов рекомендуется пользоваться следующей литературой: гидравлический привод [10,14;32;35]; пневматический привод [10,13;14;32;35]; пневмогидравлический привод [10;13;14;32;35]; механогидравлический привод [10,14;32]; вакуумный привод [10,13;14;32;35]; электромагнитный и магнитный привод [10,33;36]; электрический (электромеханический) привод [10;13;14;32;35] центробежно-инерционный привод и привод от движущихся элементов станков и сил обработки [10;13;14;32;35].

2.4.4 Расчет элементов приспособления на прочность

После расчета точности изготовления приспособления и силового расчета необходимо выбрать конструкционные материалы для деталей приспособления, назначить термическую (химико-термическую, электрохимическую и т.п.) обработку или вид покрытия и рассчитать размеры элементов из условий прочности.

Материалы для деталей приспособлений следует выбирать исходя из условий работы и эксплуатационных требований, предъявляемых к этим деталям. Рекомендации по применению металлов и неметаллических сплавов в качестве конструкционных материалов для различных деталей (элементов) приспособлений, применяемая химико-термическая обработка, достигаемые твердость и технологические свойства материалов в состоянии

поставки приведены в [1].

Для расчета на прочность выбирают наиболее нагруженную, уязвимую деталь приспособления. С помощью расчета можно решить две задачи:

- проверку на прочность существующих деталей путем сравнения фактических напряжений с допускаемыми напряжениями (проверочный расчет);
- определение размеров сечений деталей приспособлений (предварительный проектный расчет).

Методика расчета прочности деталей приведена в литературе [14;21;32;35].

2.5. Разработка для РТК и АТК чертеж конструкции контрольного приспособления.

2.5.1 Назначение и описание работы приспособления

Данный пункт пояснительной записки выполняется аналогично соответствующему пункту для станочного приспособления. Т.е. приводятся описание элементов приспособления, его устройство и назначение и описывается принцип его работы. Кроме того, производится анализ приспособления с целью усовершенствования его конструкции. Предложения по его автоматизации излагаются в пояснительной записке.

2.5.2 Расчет приспособления на точность

Погрешность измерения, под которой понимают отклонение найденного значения величины от ее действительного значения, в зависимости от назначения изделия допускает в пределах 8...30% поля допуска на контролируемый параметр. Общая (суммарная) погрешность измерения определяется рядом ее составляющих: погрешностью, свойственной самой схеме; погрешностью установки контролируемого изделия; погрешностью настройки приспособления по эталону; износом деталей приспособления, а также колебаниями температуры.

При распределении первичных погрешностей по закону Гаусса поле суммарной погрешности измерения можно определить по формуле [34]

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}, \quad (33)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – поля допусков первичных погрешностей, мм.

В курсовом проекте рекомендуется принимать погрешность измерения в пределах 10...20% поля допуска (изделия средней

ответственности) и при расчете точности приспособления пользоваться формулой

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \leq (0,1...0,2) \cdot \delta, \quad (34)$$

где Δ_1 – погрешность свойственная данной системе измерения, мм;

Δ_2 – погрешность установки, мм;

Δ_3 – погрешность настройки приспособления по эталону, мм;

δ – допуск на измеряемый параметр, мм.

Погрешность свойственная данной системе измерения Δ_1 определяется системой отсчетных (шкальных) измерительных устройств. Для индикаторов с рычажной или зубчатой передачами – 0,01 мм, микроиндикаторов – 0,002 мм, миниметров – до 0,001 мм, пневматических микрометров – 0,002...0,005 мм, электрорезонансных датчиков – 0,001...0,003 мм (в зависимости от класса) [32].

Погрешность установки Δ_2 определяется по формуле [10;5;7;8;9]

$$\Delta_2 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_u^2}, \quad (35)$$

где ε_6 – погрешность базирования, мм;

ε_3 – погрешность закрепления, мм;

ε_u – погрешность износа (изготовления) опор измерительного устройства приспособления, мм.

Составляющие ε_6 , ε_3 и ε_u определяются аналогично как и для станочного приспособления с использованием соответствующих справочных данных [10;14;32].

Погрешность настройки приспособления по эталону Δ_3 определяется точностью (кавалитетом) изготовления эталона и погрешностью установки измерительного наконечника прибора. Последнюю составляющую ввиду ее малого значения можно не учитывать, и тогда значение погрешности настройки приспособления по эталону будет определяться допуском изготовления эталона.

В заключение делается вывод о точности приспособления. Если погрешность измерения слишком велика, принимаются меры по уменьшению отдельных составляющих или вносятся изменения в конструкцию приспособления и расчет повторяется.

2.6. Разработка чертежа планировки РТК или АТК для групповой обработки деталей.

На рисунке 3 приведен общий вид РТК (слева) в составе с токарным модулем с противошпинделем фирмы «Ямазаки» мод.«QUICK TURN 250 MSY», Япония и ТР мод. M20iA, фирмы «Фанук» Япония.

На рисунке 3 ТР (справа), красной стрелкой указано устройство точной ориентации (УТО) заготовки. На рисунке 4 приведен общий вид токарного модуля с противошпинделем фирмы «Ямазаки» мод. «QUICK TURN 250 MSY», Япония.



Рисунок 3 - Общие виды РТК (слева) и ТР (справа).



Рисунок 4 - Токарного модуль с противошпинделем фирмы «Яма-заки».

Пример планировки РТК в соответствии с идеологией автоматизации фирмы «Ямазак», Япония с использованием токарного модуля с противопинделем и шарнирносочлененного ТР фирмы «Фанук» Япония приведена на рисунке 5.

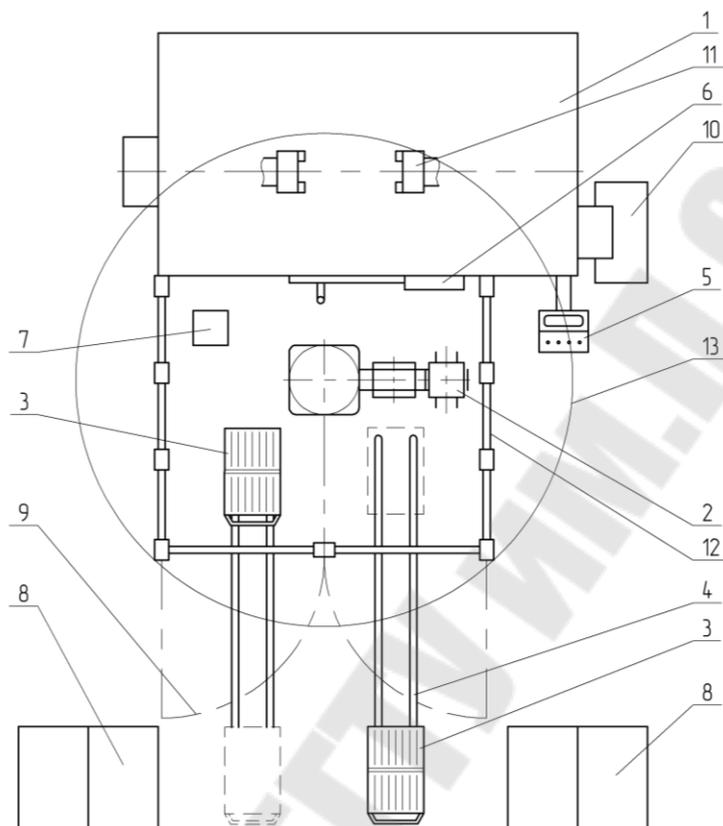


Рисунок 5 - Пример планировки РТК для автоматизированной обработки деталей типа тел вращения

1-Токарный модуль с противопинделем фирмы «Ямазак», Япония, мод. «Quick Turn 250 MSY», 2 - ТР мод. M20iA, фирмы «Фанук» Япония. 3 – Тележка с поддоном для укладки заготовок и готовых деталей. 4 – Направляющие для колес тележки, типа жёлоб. 5. Пульт управления РТК. 6 – Устройство ЧПУ модуля. 7 – Устройство точной ориентации (УТО). 8 – Стеллаж приемный для поддонов с заготовками. 9 – Граница открытых дверей. 10 – Мульда для приемки стружки. 11 – патроны левого шпинделя и правого противопинделя. 12 – Ограждение. 13 - Граница действия робота.

На рисунке 6 приведен общий вид сверлильно-фрезерно-расточного модуля мод. TC630, фирмы «Werner», ФРГ, для обработки корпусных деталей.

На рисунке 7 приведен пример планировки автоматизированного технологического комплекса (АТК) для обработки корпусных деталей на базе модуля мод. TC630, в соответствии с идеологией автоматизации фирмы «Werner», ФРГ.



Рисунок 6 - Сверлильно-фрезерно-расточной модуль мод. ТС630, фирмы «Werner», ФРГ, для обработки корпусных деталей.

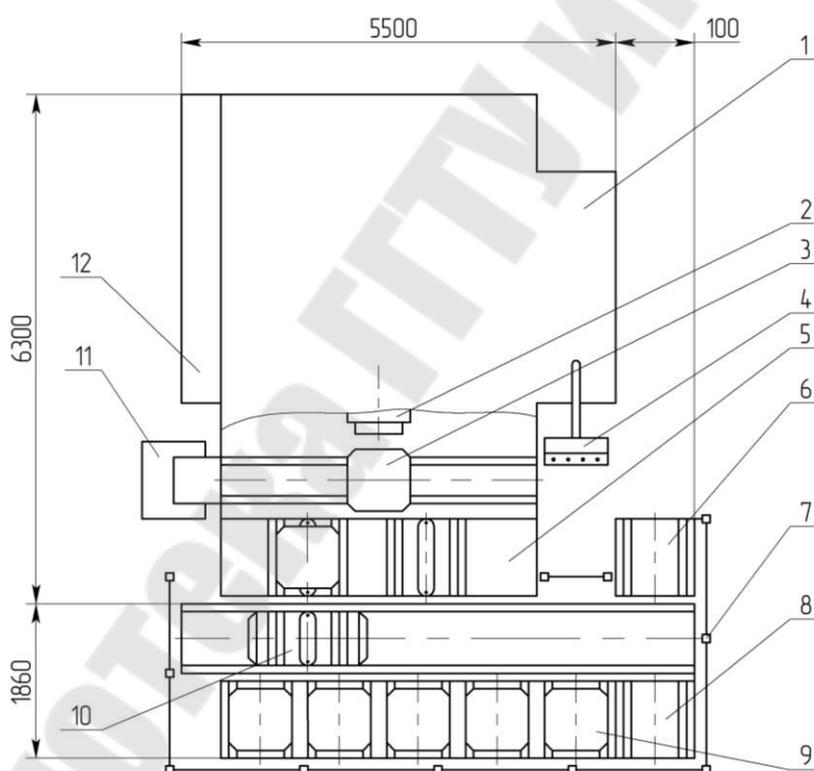


Рисунок 7 - Пример планировки АТК для обработки корпусных деталей.

1 - Модуль мод. ТС630. 2 – Шпиндель станка. 3 – стол. 4 – Пульт управления станком, 5- Устройства смены палет. 6 – Место установки приспособлений и заготовок на палеты. 7 – Ограждение. 8 – Накопитель палет.9 – Сменные столы-спутники. 10 – Рельсовая транспортная тележка для перегрузки палет.11 – Мульда для стружки. 12 – Устройство смены инструмента.

2.7. Разработка чертежа планировки поточной линии для групповой обработки деталей состоящей из РТК или АТК.

В состав поточной линии входит автоматизированный склад заготовок (изделий), автоматизированный склад инструмента и технологической оснастки, АТСС, технологическое оборудование. Технологическое оборудования должно быть расположено по технологическому маршруту, таким образом, чтобы пути перемещения транспортных тележек были минимальным. В данном разделе необходимо кратко обосновать принятую планировку участка. При расположении технологического оборудования принимается принцип одинаковой направленности потока перемещения для большинства деталей участка и установление минимально-допустимых расстояний между станками, рядами станков, от станков до стен и колонн здания, нормы на ширину проходов и проездов. Нормы вышеперечисленных расстояний, а также варианты размещения оборудования приведены в литературе [24;35;37].

На планировке участка должны быть нанесены: сетка колонн здания с сечением колонн, технологическое оборудование и устройства относящиеся к нему, АТСС, контрольные пункты, места сбора стружки, проезды, проходы, стеллажи, накопители, рабочие места операторов, наладчиков, мастера участка, места расположения противопожарных средств.

На рисунке 8 приведен пример планировки автоматизированной поточной линии, состоящей из РТК для обработки деталей типа «тел вращения» При разработке планировки необходимо соблюдать рекомендации по расположению оборудования для поточных линий. Например, проезды должны быть не менее 4,8м, расстояние между проездами и фронтально расположенными станками – не менее 1м, расстояния от колонн до станка – не менее – 1,5м. Более подробную информацию можно найти в литературе [36]

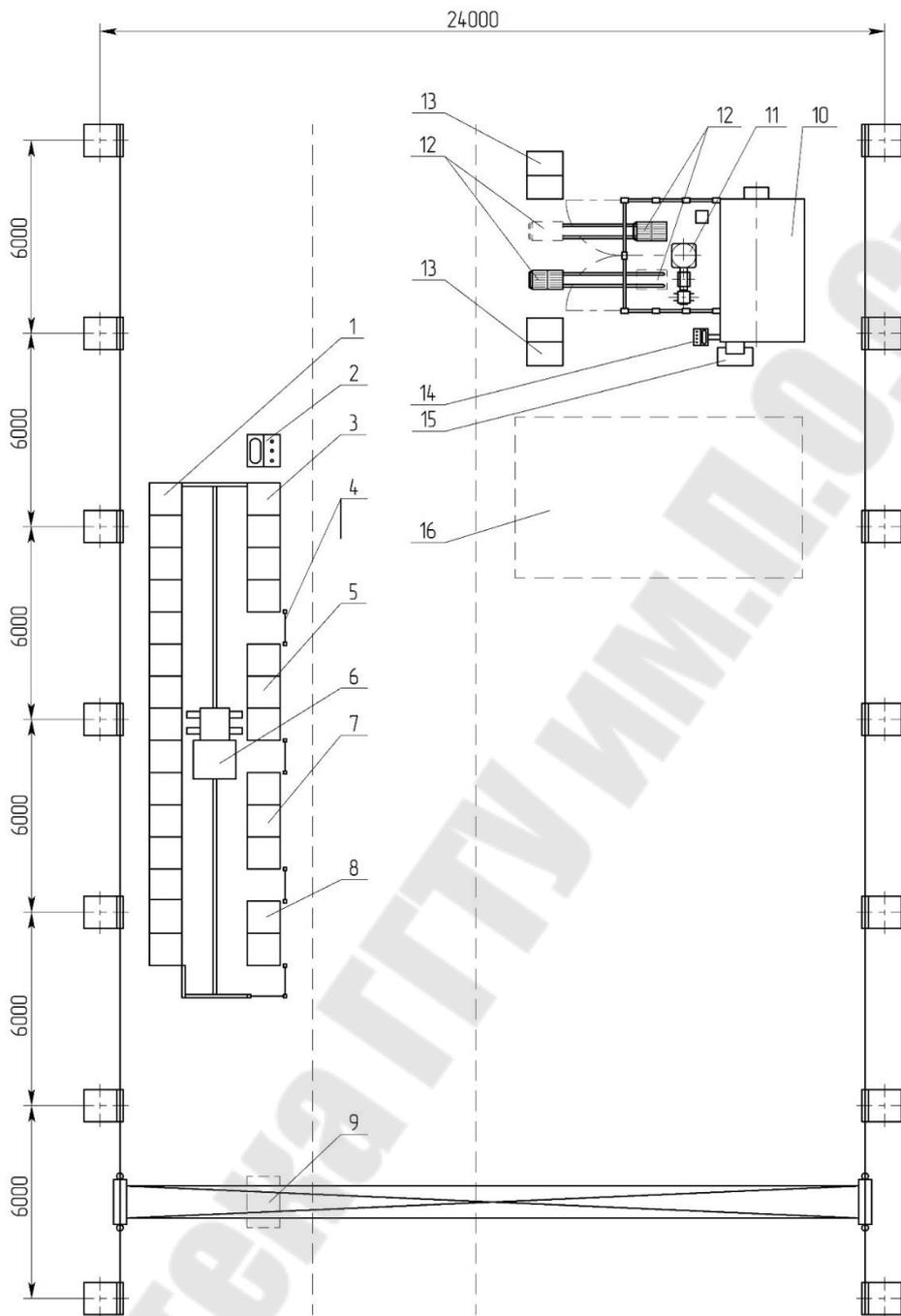


Рисунок 8 - Пример планировки автоматизированной поточной линии, состоящей из РТК для обработки деталей типа «тел вращения».

1 – Склад автоматизированный. 2 – Терминал управления складом. 3 – Места загрузки заготовок на поддоны. 4- Ограждение. 5.- Места выгрузки поддонов с заготовками. 6 – Кран-штабелер. 7 – Места загрузки-выгрузки готовых деталей на склад. 8 – Места загрузки-выгрузки приспособлений, инструмента на склад. 9 – Кран-балка. 10.- Токарный модуль с противопинделем мод. «Quick Turn 250 MSY»,. 11 - ТР мод. M20iA, 12 - Тележка с поддоном для укладки заготовок и готовых деталей. 13 - Стеллаж приемный для поддонов с заготовками. 14 - Пульт управления РТК. 15 - Мульда для приемки стружки. 16 –

На рисунке 9 приведен пример планировки поточной линии, состоящей из АТК для обработки корпусных деталей.

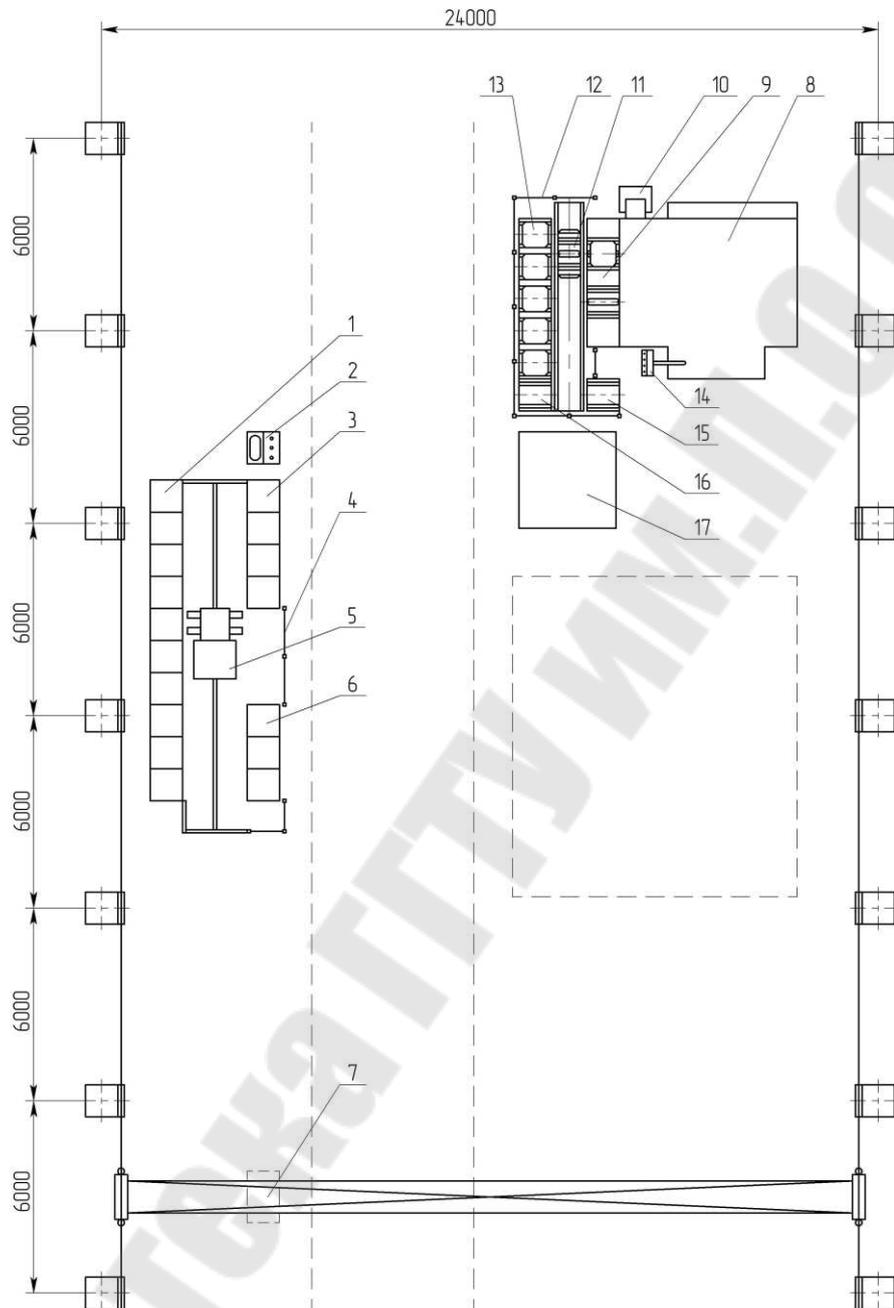


Рисунок 9 - Пример планировки поточной линии, состоящей из АТК для обработки корпусных деталей.

1 – Склад автоматизированный. 2 – Терминал управления складом. 3 – Места загрузки-выгрузки оснастки на склад. 4- Ограждение. 5 – Кран-штабелер. 6 – Места загрузки-выгрузки инструмента на склад. 7 – Кран-балка. 8. - Модуль мод. ТС630. 9 - Устройства смены палет. 10 - Мульда для стружки. 11 - Рельсовая транспортная тележка для перегрузки палет. 12 – Ограждение. 13 - Сменные столы- спутники. 14 - – Пульт управления станком. 15. - Место установки приспособлений и заготовок на палеты. 16 - Накопитель палет. 17 - Место для размещения оборудования для последующих операций.

3. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В этой части пояснительной записки в краткой форме излагаются особенности и оригинальность курсового проекта, отличия разработанного технологического процесса от базового, применение новых технологических методов обработки. Отмечается применение современной прогрессивной технологии и оборудования, механизированных и автоматизированных систем обработки, новых решений при конструировании технологического оснащения. Предлагаются решения по дальнейшему повышению эффективности работа автоматизированной поточной линии.

4. ЛИТЕРАТУРА

1. Арзамасов Б.Н. Конструкционные материалы: Справочник /Б. Н. Арзамасов, В.Н. Брострем, Н. А. Буше и др.; Под общей ред. Б. Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.

2. Старовойтов, Н.А, Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учебно – методическое пособие к курсовому проектированию по одноименной. дисциплине для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»/Н.А.Старовойтов, Д.В.Мельников - Гомель: ГГТУ им. П О Сухого, 2014. - 41с

3. Капустин Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении», /Н.М.Капустин [и др.] под ред. Н.М.Капустина. – Москва: Высшая школа, 2007г. – 415с/

4. Трусов А.Н. Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству. Методические указания к лабораторной работе по курсу "Автоматизация технологических процессов и производств",/ А.Н.Трусов,-, ГУ КузГТУ, Кемерово, 2007г - 19с.

5. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно- заключительного для технического нормирования. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 421с.

6. А.М.Дальский А.М., Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах,/А.М.Дальский и др. Под редакцией А.М.Дальского. - М.: Машиностроение-1, 2001 – 944с.

7. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов: Справочник. /Под ред. Ю. В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 408 с.

8. Корчемкина А.Д. Режимы резания металлов: Справочник. /Под ред. А. Д. Корчемкина. – М.: НИИавтопром, 1995. – 456 с.

9. Пашкевич М.Ф. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие / М.Ф. Пашкевич [и др.]; под ред. М.Ф. Пашкевича. – Минск: Изд-во Гревцова, 2010. – 400 с.

10. Кульгейко М.П. Проектирование технологических процессов: курсовое проектирование для студентов специальности 1 – 36 01 01 «Технология машиностроения» днев. и заоч. форм обучения / М.П. Кульгейко, Е.Э. Дмитриченко, С.В. Рогов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013. – 46 с.

11. Ящерицын П.И., Металлорежущие станки/ П.И.Ящерицын , В.Д.Ефремов /Под ред. А.И. Кочергина. – Мн.: БГАТУ, 2001. – 446с.

12. Панов А.А., Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А.А.Панов [и др];под общей редакцией А. А. Панова. – М.: Машиностроение, 1988. – 736с.

13. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1975. – 656 с.

14. Антонюк В. Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие. – Мн.: Беларусь, 1991. – 400 с.

15. ГОСТ 977-88 Отливки стальные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.

16. ГОСТ 1412-85 Отливки из серого чугуна

17. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 54 с.

18. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия

19. ГОСТ 26645-85 Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.– М.: Изд-во стандартов, 1989.– 55 с.

20. ГОСТ 21495-76 Базирование и базы в машиностроение. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 36 с.

21. ГОСТ 3.1107-81 ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

22. ГОСТ 3.1118-82 ЕСТД. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.

23.ГОСТ 3.1404-85 ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 54 с.

24.Мельников Г.Н. Проектирование механосборочных цехов. Учебник для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов/ Г.Н.Мельников, В.П.Вороненко/под общ. редакцией А.М. Дальского/- М.: Машиностроение, 1990 – 352с.

25.Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Зуборезные, горизонтально-расточные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 28 с.

26.Общемашиностроительные нормы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемые на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ 1 и 2 том, - Москва: Экономика 1990 – 474с.

27.Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 421с.

28. Панов А.А. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/А.А.Панов [и др];под общей редакцией А. А. Панова. - М.: Машиностроение, 1988. - 736с.

29.Трухин В.Н. Расчет и выбор оборудования АТСС для складирования и транспортирования деталей в кассетах. Методические указания к лабораторной работе по курсу "Автоматизация технологических процессов и производств"/ В.Н.Трухин, ГУ КузГТУ, Кемерово, 2010г - 22с

30.Егоров В.А. Транспортно-накопительные системы для ГПС./ В.А. Егоров, В. Д. Лизунов, С.М. Щербаков. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1989 – 342с

31.Люцко В.А, Практическое пособие к лабораторным работам по курсу «Автоматизация производственных процессов в машиностроении»/ В.А.Люцко, ГГТУ им П.О.Сухого, г.Гомель, 1999г - 24с.

32.Горохов В. А. Проектирование технологической оснастки. Учебник для спец. машиностроительных специальностей высш. учебных заведений/В.А. Горохов . - МН.: Бервита,1997-344с.

33. Колев К. С., Горчаков Л. М. Точность обработки и режимы резания, /К.С, Колев , Л. М Горчаков – М.: Машиностроение, 1976. – 130с.

34. Киселев М. Г. Точность механической обработки, методы ее обеспечения, оценки и управления: Учеб. пособие / М. Г. Киселев, Г. А. Есьман, [и др.] – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – 100 с.

35. Пашкевич М. Ф., Технологическая оснастка/ М. Ф Пашкевич., Ж. Мрочек.[и др] – Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 320 с.

36. Соболев В.Ф. Практическое пособие по курсу «Проектирование механообрабатывающих участков и цехов», /В.Ф.Соболев, ГГТУ им П.О.Сухого, г.Гомель, 1999г, - 85с.

37. Ямпольский Е.С. Проектирование машиностроительных заводов и цехов. Справочник в 6-ти томах / Е.С. Ямпольский [и др.] под общей редакцией Е.С. Ямпольского. -М.: Машиностроение, 1976 – 326с.

5. СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	3
ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	8

1. Технологический раздел.

1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали.

1.2. Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству.

1.3 Определение типа производства базового варианта техпроцесса и его характеристика.

1.4 Качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали.

1.5. Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки.

1.6. Анализ базового варианта и технико-экономическое обоснование предлагаемого нового варианта технологического процесса обработки детали.

1.7. Расчет припусков на обработку.

1.8. Разработка группового технологического маршрута обработки детали в автоматизированном производстве.

1.9. Выбор технологического оборудования.

1.10. Нормирование технологического процесса с расчетом загрузки оборудования и его количества.

1.11. Составление циклограммы работы ПР при загрузке-выгрузке детали на одной из операций.

1.12. Составление диаграммы загрузки РТК паточной линии.

1.13. Определение типа производства нового варианта техпроцесса и его характеристика.

1.14. Выбор систем складирования, доставки заготовок, деталей, инструмента к местам обработки и на склад.

2. Конструкторский раздел.

Содержит нижеследующие варианты:

2.1. Разработка для РТК чертежа конструкции схвата робота и расчет усилия его зажима для одной из операций.

2.2. Разработка для РТК чертежа конструкции тележки для базирования поддона и чертежа конструкции поддона для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет поддона на точность базирования.

2.3. Разработка для РТК чертежа наладки при обработке на одной из операций одним или несколькими инструментами

2.4. Разработка для РТК или АТК чертежа конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций.

2.5. Разработка для РТК и АТК чертежа конструкции контрольного приспособления.

2.6. Разработка планировки РТК или АТК для групповой обработки деталей.

2.7. Разработка чертежа планировки поточной линии для групповой обработки деталей состоящей из РТК или АТК.

3.ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.....

4.ЛИТЕРАТУРА.....

5.ПРИЛОЖЕНИЯ К МЕТОДИЧЕСКИМ УКАЗАНИЯМ.....

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты исходных данных для выполнения курсового проекта.

Деталь		Номер и наименование операции										
№ варианта и № детали	Параметры детали	010 Токарная комплексная	020 Зубофрезерная	030 Термическая	040 Шлифшлифовальная 1-я	050 Шлифшлифовальная 2-я	060 Круглошлифовальная	070 Внутришлифовальная	080 Плоскшлифовальная	090 Зубошлифовальная	100 Протяжная	110 Мочная
2	Тшк	11	12	3	8	13	17	15	14	13	3	1,2
	n	250										
	m	12										
3	Тшк	15	15	5	11	18	12	17	11	14	4	1,3
	n	250										
	m	12										
4	Тшк	17	28	4	17	25	15	14	6	17	3	1,2
	n	250										
	m	12										
5	Тшк	14	13	3	14	15	16	13	17	16	4	0,1
	n	250										
	m	12										
6	Тшк	19	25	3	15	18	13	14	13	22	3	0,1
	n	260										
	m	12										
7	Тшк	16	17	5	16	27	17	13	16	16	4	1,4
	n	260										
	m	12										
8	Тшк	22	26	4	17	18	16	17	12	17	2	1,1
	n	260										
	m	12										
9	Тшк	16	14	3	18	17	15	16	11	15	3	1,3
	n	260										
	m	12										
10	Тшк	21	15	4	15	30	17	15	14	11	4	1,2
	n	250										
	m	12										
11	Тшк	19	16	5	16	32	15	17	12	14	3	1,1
	n	260										
	m	12										

Деталь		Номер и наименование операции										
№ варианта и № детали	Параметры детали	010 Токар-карная комплексная	020 Зубофрезерная	030 Термическая	040 Шлицевая фрезерная 1-я	050 Шлицевая фрезерная 2-я	060 Круглошлифовальная	070 Внутренний шлифовальный	080 Плоскостришлифовальный	090 Зубошлифовальный	100 Протяжная	110 Мочная
12	ТШК	21	17	3	15	16	16	13	8	15	3	1,3
	n	250										
	m	12										
13	ТШК	18	18	3	17	16	15	15	6	15	2	1,2
	n	260										
	m	12										
14	ТШК	16	16	3	14	15	17	15	5	13	3	1,4
	n	250										
	m	12										
15	ТШК	15	15	5	17	18	16	11	9	14	3	0,2
	n	250										
	m	12										
16	ТШК	17	14	4	15	16	16	14	4	18	3	1,4
	n	250										
	m	12										
17	ТШК	19	13	3	17	15	15	15	6	16	4	1,3
	n	250										
	m	12										
18	ТШК	16	26	3	15	17	14	17	4	17	3	1,4
	n	260										
	m	12										
19	ТШК	21	17	5	12	16	16	15	7	16	4	1,1
	n	260										
	m	12										
20	ТШК	17	25	4	14	17	15	17	3	15	3	1,3
	n	260										
	m	12										
21	ТШК	16	14	7	15	16	16	17	3	15	3	1,1
	n	260										
	m	12										
22	ТШК	22	33	4	18	17	18	15	3	18	4	1,2
	n	250										
	m	12										

Деталь		Номер и наименование операции										
варианта и № детали	Параметры детали	010 Токарная комплекс	020 Зубофрезерная	030 Термическая	040 Шлицевально-вальная 1-я	050 Шлицевально-вальная 2-я	060 Круглошлифоваль	070 Внутришлифовальная	080 Плоскошлифовальная	090 Зубошлифовальная	100 Протяжная	110 Мочная
23	Тшк	21	16	5	16	15	16	17	8	14	4	1,2
	п	260										
	м	12										
24	Тшк	17	15	3	15	17	16	13	7	15	3	1,1
	п	250										
	м	12										
25	Тшк	23	18	3	13	16	17	14	8	15	4	1,4
	п	260										
	м	12										
26	Тшк	22	17	4	15	17	15	17	6	17	4	1,1
	п	250										
	м	12										
27	Тшк	19	16	4	16	18	16	15	4	16	4	1,2
	п	250										
	м	12										
28	Тшк	17	13	3	16	16	17	18	6	17	4	1,2
	п	250										
	м	12										
29	Тшк	16	15	5	14	15	15	15	7	16	4	1,3
	п	250										
	м	12										
30	Тшк	18	16	3	14	17	17	16	5	17	5	1,1
	п	260										
	м	12										
31	Тшк	16	17	7	16	15	16	17	6	17	3	0,1
	п	260										
	м	12										
32	Тшк	21	15	9	15	17	18	16	5	16	3	1,1
	п	260										
	м	12										
33	Тшк	18	16	5	17	16	17	17	6	14	3	1,3
	п	260										
	м	12										

Приложение 2

Примерный вариант технического задания на проектирование ГПО.

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени П.О. Сухого»

Факультет _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой М. П. Кульгейко

_____ (подпись)

« ____ » _____ 20 ____

ЗАДАНИЕ
по курсовому проектированию ТАИДУ
Студенту _____ Группы _____

1. Тема проекта: Курсовая работа: «Разработать поточную линию автоматизированной обработки группы деталей:

Деталь №1 _____ , Пг = 3000 шт/год, m=12,
Деталь №2 вариант _____ , Деталь №3 вариант _____ , Деталь №4 вариант _____
из приложения №5.1 к настоящим МУ».

2. Исходные данные к проекту:

- 2.1 Чертеж детали №1, источник - материалы производственной практики или выданный руководителем.
 - 2.2. Детали №№ 2 - 4 - в соответствии с Приложением 5.1 к настоящим МУ
 - 2.3. Режим работы предприятия – двухсменный
 - 2.4. Объем выпуска деталей №2-4 в год в соответствии с Приложением 5.1 к настоящим МУ
 - 2.5. Материалы производственной практики
 - 2.6. Практическое пособие по курсу ПМУЦ №2360
 - 2.7. УМП к курсовому проектированию АППМ №4209
 - 2.8. М/у по проектированию приспособлений №266
- 3. Содержание расчетно-пояснительной записки**
Введение

1. Технологический раздел.

- 1.1 Назначение и конструкция обрабатываемой детали.
- 1.2. Оценка степени подготовленности изделия к автоматическому производству.
- 1.3 Определение типа производства базового варианта техпроцесса и его характеристика.
- 1.4 Качественный и количественный анализ технологичности конструкции детали.
- 1.5. Выбор и технико-экономическое обоснование метода получения заготовки.
- 1.6. Анализ базового варианта и технико-экономическое обоснование предлагаемого нового варианта технологического процесса обработки детали.
- 1.7. Расчет припусков на обработку.
- 1.8. Разработка группового технологического маршрута обработки детали в автоматизированном производстве.
- 1.9. Выбор технологического оборудования.
- 1.10. Нормирование технологического процесса с расчетом загрузки оборудования и его количества.
- 1.11. Составление циклограммы работы ПР при загрузке-выгрузке детали на одной из операций.
- 1.12. Составление диаграммы загрузки РТК поточной линии.
- 1.13. Определение типа производства нового варианта техпроцесса и его характеристика.
- 1.14. Выбор систем складирования, доставки заготовок, деталей, инструмента к местам обработки и на склад.

2. Конструкторский раздел.

Содержит нижеследующие варианты:

- 2.1. Разработка для РТК чертежа конструкции схвата робота и расчет усилия его зажима для одной из операций.
- 2.2. Разработка для РТК чертежа конструкции тележки для базирования поддона и

чертежа конструкции поддона для укладки заготовок и готовых деталей. Расчет поддона на точность базирования.

2.3. Разработка для РТК чертежа наладки при обработке на одной из операций одним или несколькими инструментами

2.4. Разработка для РТК или АТК чертежа конструкции автоматизированного приспособления для крепления детали при обработке на одной из операций.

2.5. Разработка для РТК и АТК чертежа конструкции контрольного приспособления.

2.6. Разработка планировки РТК или АТК для групповой обработки деталей.

2.7. Разработка чертежа планировки поточной линии для групповой обработки деталей состоящей из РТК или АТК.

Студент по своему усмотрению, по согласованию с руководителем, может выбрать любой вариант конструкторской разработки по п.п. 2.1 - 2.7.

3. Приложения к расчетно-пояснительной записке.

Приложение 1 – Чертеж детали на 1 листе формата А4-А3.

Приложение 2 - Маршрутно-операционный технологический процесс базовой детали №1 с операционными эскизами на 2-х листах формата А2-А1.

Приложение 3- Чертеж общего вида средства механизации или автоматизации механической обработки на 1 листе формата А2-А1 со спецификацией, выбранных в соответствии с п.п. 2.1-2.7..

Приложение 4. Чертеж конструкции контрольного приспособления для РТК или АТК на листе формата А1-А2.

Приложение 5 - Планировка поточной линии с автоматизированным складом заготовок, инструмента и оснастки, на 1 листе формат А1-А2 со спецификацией.

4. Консультант по проекту (с указанием разделов проекта) по всем разделам _____ (должность, уч. степень, ФИО)

5. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

№п/п	Наименование разделов проектной работы	Проценты	Срок выполнения
1	Технологический раздел	30	
2	Комплект технологических карт	10	
3	Конструкторский раздел	20	
4	Графическая часть проекта	30	
5	Оформление пояснительной записки и сдача на проверку руководителю	10	

Руководитель _____ (Подпись,)

Студент: Задание принял к исполнению _____ (Дата) _____ (подпись)

**Кульгейко Михаил Петрович
Старовойтов Николай Андреевич
Мельников Дмитрий Витальевич**

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

**Учебно-методическое пособие
к курсовому проектированию
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-53 01 01
«Автоматизация технологических процессов
и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 02.12.19.

Рег. № 15Е.

<http://www.gstu.by>